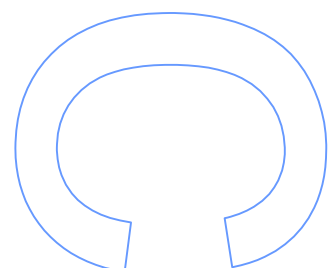
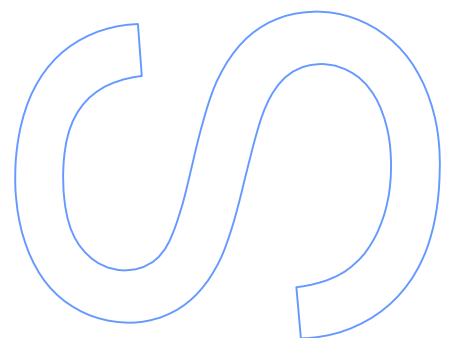
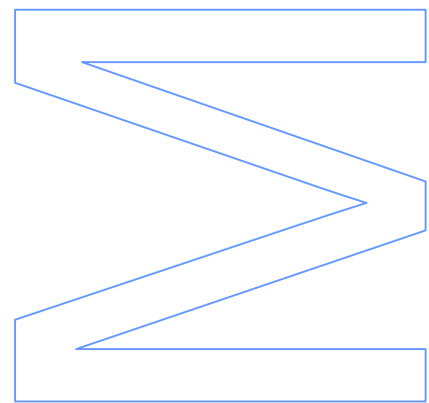


# Gestão Pessoal de Diabetes – Sistema de Aconselhamento

Carla Susana Ferreira Leite,  
Mestrado Integrado Engenharia de Redes e Sistemas Informáticos  
Departamento de Ciência de Computadores  
2014

**Orientador**  
Prof. Dr. Pedro Brandão, DCC-FCUP

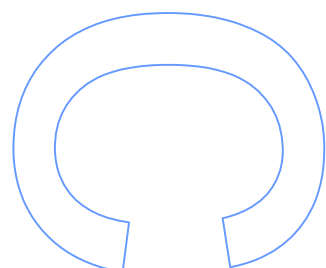
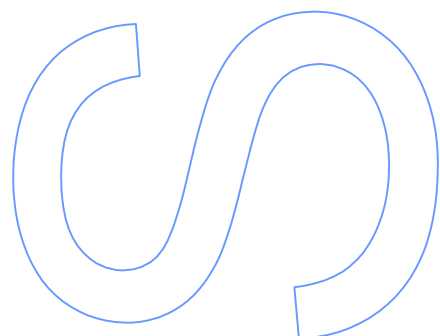
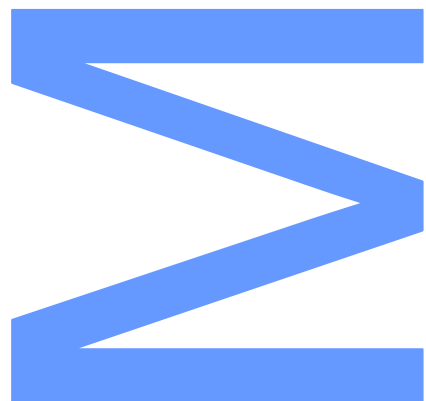




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



# Agradecimentos

Agradeço ao Dr. Celestino Neves, endocrinologista no centro Hospitalar S.João, pela disponibilidade, pela partilha de conhecimento e pelas recomendações sugeridas para o desenvolvimento deste projeto.

Obrigada ao professor Vítor Santos Costa pelo apoio na integração do YAP.

E por último, mas não menos importante, um obrigada especial ao professor Pedro Brandão por acreditar em mim e pelo apoio constante ao longo destes meses.

Aos meus pais. Por todo o apoio, pela paciência, pela dedicação e sobretudo pelo amor incondicional, desde sempre. À minha irmã. Por acreditar em mim em todos os momentos e nunca me deixar desistir. Cheguei ao fim deste ciclo mas o mérito também é dela. Aos amigos de longa data e aos que construí ao longo deste percurso porque de nada serve ter tudo se não tivermos as pessoas certas com as quais partilhar.

# Abstract

Diabetes is a chronic disease which results from a severe lack of glucose mismanagement. Consequently, a diabetic patient needs to maintain a diary containing a series of values (blood glucose, insulin units, carbohydrate). Apart from that task, the patient also needs to interpret the results so that the progression of his disease keeps in check. In order to simplify these tasks we propose a project whose goal is to expand the functionality of an application for managing the daily activities of a diabetic by adding the ability to provide information and / or warnings to patients based on medical protocols and analysis of the recorded data.

This project aims to embed part of the medical protocols used in typical scenarios of diabetes in order to provide advice when situations such as hypoglycemia or hyperglycemia occur. It is also intended that the application present some kind of feedback in order to encourage the patient and/or correct possible deviations based on a set of pre-defined objective values initially set by the user.

The main goal is the implementation of a logic programming language understood by the doctors that instantiates the rules for the patient, so that adding, editing and removing rules is performed in a simplified manner. We have conducted a survey of protocols as well as a series of instructions for the treatment of diabetes. The collected protocols consist of medical rules validated by the endocrinologist department of Hospital de S.João and are incorporated in the rules that the mobile device (smartphone) checks when the patient enter new data in the system.



# Resumo

A diabetes é uma doença crónica que resulta de uma deficiente capacidade de utilização do organismo daquela que é a sua principal fonte de energia, a glicose. Por consequência, um paciente diabético tem de registar uma série de valores (glicemia, unidades de insulina, Hidratos de Carbono (HC)'s) e interpretar os resultados de modo a que a monitorização da doença seja a mais adequada possível. De forma a simplificar estas tarefas propomos um projeto cujo objetivo é ampliar as funcionalidades de uma aplicação para a gestão do dia de um diabético adicionando a capacidade de fornecer informações e/ou avisos ao paciente baseado em protocolos médicos e na análise dos dados registados no sistema.

O projeto presente pretende embeber parte dos protocolos médicos usados nos cenários típicos dos diabetes de modo a fornecer aconselhamento quando situações, como hipoglicemia ou hiperglicemia, ocorrem. Pretende-se também que a aplicação apresente um *feedback* de modo a incentivar o paciente e/ou corrigir possíveis desvios baseado nos valores inseridos, nos valores objetivo, inicialmente definidos pelo utilizador, e nos valores de referência.

O objetivo principal é a implementação de uma linguagem de programação lógica entendida pelos médicos que instancia as regras para o paciente, para que a adição, edição e remoção de regras seja efetuada de modo simplificado, caso necessário. Para que esta implementação fosse adequada foi efetuado um levantamento de protocolos e indicações para o tratamento da diabetes em possíveis circunstâncias. Os protocolos recolhidos, com o corpo médico endocrinologista do Hospital de S. João, são incorporados num sistema de regras que o dispositivo móvel (smartphone) verificará aquando da introdução de novos registos.





# Conteúdo

<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Resumo</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>xiii</b>
<b>Lista de Blocos de Código</b>	<b>xv</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação . . . . .	3
1.2 Projeto . . . . .	4
1.2.1 Objetivos . . . . .	5
1.3 Divulgação . . . . .	5
1.4 Outline . . . . .	5
<b>2 Estado da Arte</b>	<b>7</b>
2.1 Tecnologia e diabetes . . . . .	7
2.2 Aplicações de apoio ao diabético baseadas na recolha de registos . . . . .	8
2.2.1 Glooko . . . . .	8
2.2.2 Glucosy Buddy: Diabetes Log . . . . .	9
2.2.3 OnTrack Diabetes . . . . .	9
2.2.4 dbees.com Diabetes Management . . . . .	9

2.2.5	Glicontrol . . . . .	9
2.3	Aplicações de apoio ao diabético com <i>feedback</i> . . . . .	10
2.3.1	MyDiabetes . . . . .	10
2.3.2	Triabetes . . . . .	10
2.3.3	Dario . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Diabetes: Cuidados a ter</b>	<b>13</b>
3.1	Atividade física e exercício . . . . .	13
3.2	Hipoglicemia . . . . .	14
3.3	Hiperglicemia . . . . .	16
3.4	Cetoacidose diabética . . . . .	17
3.5	Importância do Acompanhamento . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Implementação</b>	<b>21</b>
4.1	Arquitetura . . . . .	21
4.2	Aplicação Android . . . . .	23
4.2.1	Funcionamento da Aplicação . . . . .	23
4.2.2	Alterações necessárias à Aplicação . . . . .	24
4.3	Rule Based System (RBS) . . . . .	25
4.3.1	PROgramming in LOGic (PROLOG) como RBS . . . . .	27
4.3.2	Interação com Aplicação Android . . . . .	27
4.4	Sistema de Regras . . . . .	28
4.4.1	Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia . . . . .	28
4.4.2	Regra relacionada com a hiperglicemia e cetoacidose diabética . . . . .	30
4.4.3	Regra relacionada com a insulina . . . . .	31
4.4.4	Regras adicionais . . . . .	31
4.5	Tipos de alarmes . . . . .	32
4.6	Integração das regras com a aplicação <i>A minha Diabetes</i> . . . . .	33

<b>5</b>	<b>Conclusões</b>	<b>35</b>
5.1	Trabalho futuro . . . . .	36
	<b>Referências</b>	<b>39</b>
<b>A</b>	<b>Regras</b>	<b>43</b>
A.1	Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia . . . . .	43
A.2	Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia . . . . .	44
A.3	Regra relacionada com a cetoacidose diabética . . . . .	44
A.4	Regra relacionada com o ajuste de insulina . . . . .	45
A.5	Regra relacionada com a idade do utilizador . . . . .	45
A.6	Regra relacionada com a prática de exercício físico . . . . .	46
A.7	Pesquisa à Base de Dados . . . . .	46
A.7.1	Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia . . . . .	46
A.7.2	Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia . . . . .	47
A.7.3	Regra relacionada com a cetoacidose diabética . . . . .	47
A.7.4	Regra relaciona com o ajuste de insulina . . . . .	47
A.7.5	Regra relacionada com a idade do utilizador . . . . .	48
A.7.6	Regra relacionada com a prática de exercício físico . . . . .	48
A.8	Regra relacionada com as doenças preocupantes . . . . .	49
<b>B</b>	<b>Acrónimos</b>	<b>51</b>



# Lista de Tabelas

4.1	Relação entre Hemoglobina Glicosilada (HbA1C) e Glicose Média Esperada (eAG)	32
-----	--	----



# Lista de Figuras

4.1	Típica Aplicação de Registos . . . . .	21
4.2	Arquitetura do sistema desenvolvido . . . . .	22





# Lista de Blocos de Código

4.1	Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia . . . . .	29
4.2	Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia . . . . .	30
4.3	Regra relacionada com a ocorrência de cetoacidose diabética . . . . .	30
4.4	Regra relacionada com o ajuste de insulina . . . . .	31
A.1	Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia . . . . .	43
A.2	Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia . . . . .	44
A.3	Regra relacionada com a ocorrência de cetoacidose diabética . . . . .	45
A.4	Regra relacionada com o ajuste de insulina . . . . .	45
A.5	Regra relacionada com a idade do utilizador . . . . .	45
A.6	Regra relacionada com a prática de exercício físico . . . . .	46
A.7	Regra relacionada com a ocorrência hipoglicemia - valores na BD . . . . .	46
A.8	Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia - valores na BD . . . . .	47
A.9	Regra relacionada com a ocorrência de cetoacidose diabética - valores na BD . . . . .	47
A.10	Regra relacionada com o ajuste de insulina - valores na BD . . . . .	48
A.11	Regra relacionada com a idade do utilizador - valores na BD . . . . .	48
A.12	Regra relacionada com a prática de exercício físico - valores na BD . . . . .	48
A.13	Regra relacionada com a ocorrência de doença(s) preocupante(s) - valores na BD . . . . .	49



# Capítulo 1

## Introdução

A diabetes, conhecida na medicina como Diabetes Mellitus, é uma patologia comum e crónica, caracterizada pela existência de níveis elevados de glicose no sangue. Esse mesmo açúcar tipicamente resulta da digestão dos alimentos, sendo utilizado pelo organismo na produção de energia. No entanto, para que a glicose possa ser utilizada, as células necessitam da presença de uma hormona segregada pelo pâncreas, denominada insulina, que permite a entrada e utilização desses mesmos açúcares pelas células.

Associado ao aumento do nível de glicose no sangue encontra-se o facto de as células serem incapazes de processar corretamente a insulina e assim sendo, o pâncreas entra num estado onde cessa a produção dessa mesma hormona como forma de contrariar esse processo. Por sua vez, numa situação onde o pâncreas pára a sua produção de insulina, a glicose presente na corrente sanguínea não poderá ser metabolizada, acumulando-se em excesso e podendo originar, a longo prazo, insuficiência renal, amputações e cegueira. Além disso, esta doença aumenta o risco de ataque cardíaco, derrame cerebral bem como complicações relacionadas com má circulação [24].

A diabetes encontra-se dividida em diversos tipos:

- **Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1):** A diabetes tipo 1 não apresenta um elevado grau de frequência entre a população e atinge essencialmente crianças e jovens entre os 10 e os 30 anos.
- **Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2):** Apresenta-se como sendo o tipo de diabetes mais frequente, correspondendo a 90% dos casos de diabetes [36]. Este tipo de diabetes pode existir por longos períodos de tempo sem ser diagnosticado e, tipicamente, ocorre em indivíduos com hábitos de vida sedentários e que apresentem indícios de má nutrição.
- **Gestacional:** No caso da diabetes gestacional, esta tipicamente ocorre no segundo trimestre de gravidez e desaparece após o parto. Embora com menor frequência, esta doença crónica pode igualmente ser provocada por uma outra doença que provoque a destruição do pâncreas e o consequente défice da produção de insulina, como é o caso da pancreatite crónica.

- **Secundária:** Associada à pancreatite crónica, encontra-se a diabetes do tipo secundária, que essencialmente ocorre em fases avançadas desta patologia.
- **Diabetes auto-imune latente do adulto (LADA):** Por fim, a LADA geralmente é diagnosticada em pessoas com mais de 30 anos e pode apresentar os sintomas de diabetes tipo 2, apesar de reunir as características da diabetes tipo 1 [36].

Embora, as duas formas mais habituais de diabetes, o tipo 1 e 2, partilhem características fundamentais, são patologias diferentes em diversos aspetos.

A **DM1**, também conhecida como insulino-dependente, é uma forma de diabetes resultante da destruição auto imune das células beta ( $\beta$ ) produtoras de insulina no pâncreas. O organismo confunde as células  $\beta$  do pâncreas com um vírus invasor e destrói-as. Tal ataque auto imune deixa o organismo incapaz de produzir insulina e de metabolizar os nutrientes de forma correta. Por consequência, a falta de insulina conduz ao aumento da glicose no sangue e na urina fazendo com que as células não sejam capazes de obter os açúcares necessários embora sejam banhadas por sangue rico em glicose.

Já no caso da **DM2**, esta caracteriza-se como sendo o resultado de uma combinação de anomalias. Isto devido ao facto de a capacidade das células reagirem à insulina diminuir. Regra geral, nesta situação, o pâncreas atua de forma a compensar essa resistência, segregando mais insulina para que o metabolismo possa funcionar normalmente. Na maioria das pessoas com resistência à insulina o nível de glicose no sangue mantém-se dentro da normalidade embora existam casos onde a produção de insulina não consiga satisfazer a necessidade da sua procura o que origina um aumento do nível de glicose no sangue [22].

Embora a **DM1** e **DM2** partilhem algumas características semelhantes, a idade habitual de diagnóstico difere. Normalmente, a **DM1** desenvolve-se em crianças e adolescentes, com maior frequência durante a puberdade. Já no caso da **DM2**, esta é uma variante da diabetes que se verifica com predominância em indivíduos com idades superiores aos 40 anos [36].

Relativamente aos sintomas, a **DM1** apresenta como cenários sintomas clássicos a poliúria (micção frequente), polidipsia (sede constante e intensa), polifagia (fome constante e difícil de saciar), xerostomia (sensação de boca seca), fadiga, comichão no corpo e visão turva [25]. No entanto, a **DM2** avança com frequência de forma dissimulada, apresentando poucos ou nenhuns sintomas. Como o nível de glicose no sangue tipicamente aumenta de forma muito lenta, sintomas como idas frequentes à casa de banho, sede e fadiga podem não surgir ou desenvolver-se de forma tão gradual que não lhes é atribuída a devida importância [27].

De um modo geral, a **DM1** pode ser considerada uma doença hereditária, uma vez que as pessoas com um historial familiar de diabetes apresentam um elevado risco de a vir a desenvolver. No caso da **DM2**, os principais fatores de risco estão relacionados com o estilo de vida, sobretudo com o excesso de peso e a falta de exercício físico [37].

No caso dos tratamentos, pacientes com **DM1** tipicamente deverão receber injeções de insulina

de forma diária, sendo que a sua ausência pode implicar o desenvolvimento de uma doença grave e potencialmente fatal como a cetoacidose diabética. No caso de indivíduos com **DM2**, estes podem optar por terapias que diminuam a necessidade de insulina como uma dieta específica, prática de exercício físico ou através de medicamentos que visem o aumento da produção de insulina [37].

## 1.1 Motivação

Segundo a Organização Mundial de Saúde (**OMS**), a diabetes é considerada um flagelo do século XXI [14]. A doença é alimentada pelos maus hábitos da população, tendo como maior aliado o excesso de peso associado à falta de exercício físico. No panorama nacional, estima-se que mais de um milhão de portugueses padece desta patologia, sendo registada uma tendência para o seu aumento [19]. A nível Mundial os valores apontam para 346 milhões de doentes e prevê-se que em 2030 esse valor possa atingir cerca de 550 milhões de indivíduos. Além disso, na grande maioria dos países desenvolvidos, é a quarta principal causa de morte sendo que, de acordo com a **OMS**, possa conduzir no futuro a uma redução de esperança média de vida, pela primeira vez em 200 anos.

Uma outra agravante ao problema prende-se com o facto de o aparecimento da diabetes acontecer cada vez mais cedo, factor este que ganha especial importância quando associado aos riscos da doença e às suas respectivas complicações a nível de saúde. Assim, tendo em consideração a gravidade destes factos é importante salientar a importância de um rigoroso seguimento do tratamento uma vez que, um correto acompanhamento do nível de glicose no sangue pode retardar ou até prevenir o desenvolvimento das complicações a longo prazo [12].

Por forma a evitar as complicações da diabetes, os pacientes necessitam de manter um controle disciplinado. Esse mesmo controle passa muitas vezes pelo registo dos valores de glicemia, unidades de insulina e pelo conteúdo das refeições, nomeadamente a quantidade de Hidratos de Carbono (**HC**) ingeridos. Estes registos são efetuados repetidamente ao longo do dia, o que se pode revelar fastidioso e confuso tendo em conta que, habitualmente, é efetuado em papel. O compromisso de um diabético não se prende apenas com o ato de anotar valores, é também necessário saber interpretá-los. Além dessa mesma interpretação, o paciente é muitas vezes confrontado com a necessidade de realizar ajustes à sua alimentação tendo em conta a prática de exercício físico e o seu estado ao longo do dia (outras doenças, stress), evitando assim que os resultados não se separem dos valores objetivo, o que nem sempre se apresenta como uma tarefa simples.

De forma a simplificar esta e outras tarefas, foram elaborados cuidados de saúde via smartphone e vários estudos apontam para que o uso de tecnologias informáticas possam contribuir para melhorias clínicas, desde os níveis de Hemoglobina Glicosilada (**HbA1C**) e glicose [42, 44]. Além disso, os pacientes que efetuam os registos em suporte informático têm um melhor controle da doença quando comparado com os utilizadores que o fazem em papel [44].

Atualmente, já se encontram disponíveis um conjunto de sistemas que permitem o registo dos dados necessários (HC's, glicemia, insulina, exercício físico, doença, etc) e que efetuam o cálculo das unidades de insulina tendo em conta o fator de sensibilidade e rácio de HC's. Um exemplo disso, é aplicação *A minha Diabetes*, desenvolvida anteriormente pelo aluno João Graça da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Contudo, a maioria dos sistemas de gestão de diabetes caracterizam-se como sendo apenas uma forma de armazenar de forma mais cuidada os dados relevantes para o paciente. Assim sendo, a maioria destes sistemas não fornecem qualquer aconselhamento relacionado com os cenários típicos da DM1 o que não que permite ao diabético um melhor controlo sobre os parâmetros que afetam a sua doença.

## 1.2 Projeto

No âmbito desta dissertação o trabalho a realizar foca-se no desenvolvimento de um sistema de aconselhamento para o paciente diabético baseado nos seus registos diários e em protocolos médicos que permitem analisar corretamente esses mesmos dados. Para tal, pretende-se estender as funcionalidades de uma aplicação de gestão do dia de um diabético adicionando a capacidade de proporcionar alarmes, informações e/ou avisos através da adição de regras que analisem os registos efectuados pelo paciente.

No sentido de desenvolver um sistema de regras medicamente corretas, interagimos com o serviço de endocrinologia do Hospital de S. João de modo a perceber quais as maiores dificuldades de um paciente diabético, as suas necessidades e de que forma, uma aplicação móvel poderia ajudar a controlar a sua doença.

De um modo geral, o objectivo do projeto passa por desenvolver um sistema capaz de avaliar os valores dos dados inseridos pelo paciente numa aplicação Android e na eventualidade desses mesmos valores não corresponderem aos desejados, o paciente deverá ser aconselhado por forma a evitar a ocorrência dessas situações no futuro, minimizando assim possíveis consequências prejudiciais à sua saúde.

Isto é, perante uma possível situação em que o diabético regista o seu valor de glicemia na corrente sanguínea, o que se pretende da aplicação é que através de um Rule Based System (RBS), esta analise os dados inseridos, podendo assim alertar o paciente para um eventual problema que possa originar graves consequências de saúde.

A aplicação terá como base um repositório onde o paciente poderá introduzir os registos do seu dia-a-dia, como valores da glicemia, insulina, HC, os seus estados como exercício físico ou outras doenças relevantes, fotografias das refeições, cálculos das doses de insulina baseados nos HC 's ingeridos, fatores de sensibilidade à insulina, glicemia e rácios HC/insulina. Com base nesses mesmos dados e por intermédio de um sistema de regras configuradas diretamente na aplicação e que irão avaliar o conjunto total dos dados, o dispositivo smartphone deverá

proporcionar ao diabético um melhor controlo sobre todos os parâmetros que envolvem a diabetes, bem como alertar o utilizador para eventuais valores que sejam considerados graves.

Para a construção do sistema de regras que irá avaliar a base de dados da aplicação, foi utilizada a linguagem Prolog, uma linguagem de programação lógica de fácil interpretação que permite e facilita possíveis discussões com o médico endocrinologista dos dados de modo a proceder a eventuais correções, caso necessário.

De salientar que a aplicação *A minha Diabetes* foi utilizada no desenvolvimento deste projeto como referência pela facilidade de acesso a toda a sua arquitetura e código fonte, o que se pretende com este projeto é essencialmente criar um sistema de regras que possa ser embebido em qualquer aplicação com características semelhantes às referidas.

### 1.2.1 Objetivos

Os objetivos principais desta proposta consistem na definição e implementação de uma arquitetura que permita a adição de um conjunto de novas regras de modo simples, permitindo que essas normas sejam editadas e removidas, e no levantamento de protocolos, procedimentos e indicações dadas ao pacientes com **DM1** para o seu tratamento que permitam definir o âmbito das regras e reações a existir no sistema. Assim, identificamos e propomos o desenho de uma arquitetura de software que permita:

- Analisar dados previamente inseridos no contexto da gestão de diabetes e dados atualmente a serem inseridos de modo a analisá-los de acordo com regras definidas;
- Reagir (por aviso ou outro) a regras cujos critérios sejam satisfeitos;
- Adicionar, editar e remover as regras no sistema de modo simplificado;
- Integração do sistema de regras na aplicação;

## 1.3 Divulgação

- **Poster em exposição física no INForum 2014.** O poster intitulado Gestão Pessoal de Diabetes – Sistema de Aconselhamento teve como objetivo a divulgação de uma forma mais expedita e informal do trabalho desenvolvido ao longo deste projeto.

## 1.4 Outline

Os próximos capítulos da dissertação estão organizados do seguinte modo:

No Capítulo 2 é efetuada uma breve introdução à tecnologia e à sua importância na autogestão da diabetes. Por consequente são descritas aplicações baseadas na recolha de registos e aplicações

que fornecem algum tipo de *feedback*. No fim desta secção, são referidas as diferenças entre as aplicações mencionadas e o nosso projeto. O Capítulo 3 refere um conjunto de problemas relacionados com a diabetes, referindo causas, sintomas e formas de tratamento, servindo essencialmente como base para a construção do sistema de regras que visa avaliar os dados do paciente. Posteriormente, no Capítulo 4, é descrita a arquitetura do sistema e a descrição de cada constituinte: Android, motor Yet Another Prolog (**YAP**) e sistema de regras. E por último, no Capítulo 5, apresentamos as considerações finais e sugestões para um possível trabalho futuro.



## Capítulo 2

# Estado da Arte

O convívio com uma doença crónica, como a diabetes, é mais imperturbado quando comparado com a época do seu aparecimento. Nos últimos anos surgiram várias inovações que facilitam e amenizam a intimidade com a doença, que não precisa de continuar a ser vista como sinónimo de privação, dor e infelicidade. Os avanços em relação à medicação, alimentação e tecnologia trouxeram mais flexibilidade e uma maior facilidade relacionada com o tratamento e controlo da doença [1].

No presente capítulo apresentamos a importância do aparecimento das tecnologias móveis e de que forma as mesmas podem ter influência no tratamento da diabetes. Por conseguinte, surge a análise efetuada a diversas aplicações cujo principal objetivo é fornecer apoio ao utilizador diabético. Por último é feito um estudo das aplicações com características mais próximas das que pretendemos implementar dado que, embora diferente, já fornecem algum tipo de *feedback* ao utilizador.

### 2.1 Tecnologia e diabetes

A diabetes, segundo a OMS, afeta 10% da população Mundial, sendo que esta encontra-se muitas vezes associada a uma má qualidade de vida e ao aparecimento de complicações que em último caso poderão levar a uma morte precoce. Além dos problemas inerentes à própria doença, o facto de a diabetes ter uma presença tão forte na população mundial coloca um enorme compromisso financeiro sobre os sistemas de saúde [20, 48]. No entanto, os pacientes e os profissionais de saúde podem, através de aplicações móveis resultantes dos avanços tecnológicos, cooperar e realizar uma gestão da doença de forma mais eficaz uma vez que através das mesmas conseguem transmitir informação de forma mais cómoda e, acima de tudo, com uma facilidade de acesso reforçada [10, 42].

A Saúde Móvel (**mHealth**), é um termo usado para a prática de medicina e saúde pública apoiada por dispositivos de comunicação móvel que inclui aplicações que reúnem os dados do

paciente, fornecem informações de saúde e monitorizam, em tempo real, os registos do utilizador. Estes recursos, segundo Quinn, [51] melhoram significativamente alguns pilares existentes na gestão da diabetes, nomeadamente o armazenamento aprimorado dos registos porque, apesar dos pacientes efetuarem anotações diárias, não conseguem guardar a informação de modo consistente o que faz com que, posteriormente, a informação transmitida ao médico também não o seja. Além disso a possibilidade de recepção de informações permite ao utilizador uma visão sobre a gestão da sua doença, uma vez que a partir dos dados dos medidores de glicose podem ser distinguidos padrões dos seus níveis de glicemia. Para complementar, o impacto da telemedicina e da **mHealth**, é significativo e crescente, com estudos que mostram uma redução sustentada dos níveis de glicose do paciente e menos atendimentos de emergência e readmissões hospitalares [10, 42].

Fogg em [51], refere ainda que as tecnologias móveis podem cativar o paciente diabético a assumir novos comportamentos, que rapidamente se podem transformar em bons hábitos. No entanto, de acordo com [16], em Janeiro de 2014, apenas 1,2% das pessoas com diabetes usam uma aplicação móvel para gerir a doença. Este número representa cerca de 1,6 milhões de utilizadores, um valor baixo dado o número de pessoas com diabetes (382 milhões) [23]. No entanto, conjectura-se que em 2018 esse número suba para 24 milhões de utilizadores, ou o correspondente a 7,8% das pessoas com diabetes [16].

## 2.2 Aplicações de apoio ao diabético baseadas na recolha de registos

No conjunto de aplicações móveis que visam fornecer apoio ao utilizador através de uma melhor gestão da diabetes, foram analisadas um conjunto das 11 melhores aplicações de 2014 para diabetes [35]. No seguimento da presente secção pretendemos fazer uma pequena análise de algumas dessas mesmas aplicações com especial incidência naquelas que visam fornecer aos seus utilizadores uma forma de guardar os seus dados de uma forma estruturada bem como aquelas que permitem produzir estatísticas sobre os dados introduzidos, facilitando assim a análise dos dados por parte do utilizador.

### 2.2.1 Glooko

Glooko é uma aplicação que permite o *upload* das leituras de glicose diretamente do medidor do paciente. Além da monitorização dos dados, este sistema dispõe de uma base de dados relativa à alimentação que fornece informação sobre os alimentos consumidos, permitindo ainda a visualização de gráficos e estatísticas relativos aos registos efectuados. Além da componente de registo, a aplicação permite sincronizar os dados para que estes possam ser visualizados online e partilhados com o seu médico através de uma plataforma World Wide Web (**WEB**), para que este, se necessário, efetue ajustes ao tratamento do paciente [38].

### 2.2.2 Glucosy Buddy: Diabetes Log

Através desta aplicação o utilizador tem a possibilidade de anotar e visualizar os níveis de glicemia, armazenar informação personalizada sobre medicação, alimentação, peso, tensão arterial e exercício físico e ainda criar um conjunto de alarmes, que são lançados mesmo com a aplicação desligada, para evitar a falha de medições [52].

### 2.2.3 OnTrack Diabetes

Além de se focar no controlo dos valores de glicose e na necessidade de tomar medicação no horário adequado, possibilita a apresentação dos dados sob a forma de gráficos ou relatórios e permite ativar lembretes, de modo a facilitar a compreensão e visualização dos registos e minimizar as falhas da respetiva medicação. Além disso também permite a criação de várias categorias como a divisão de cada refeição em pequeno-almoço, almoço e jantar, o que contribui para a uma melhor estruturação do esquema de dados guardado [39].

### 2.2.4 dbees.com Diabetes Management

A dbees.com é uma aplicação destinada ao controlo da diabetes e suporta os diversos tipos: tipo 1 e 2, gestacional, secundária e LADA [21]. De acordo com o tipo de diabetes do utilizador, a aplicação ajusta as atividades e os exames mais adequados às suas necessidades. Além da possibilidade de anotar os dados, a aplicação permite ainda que os dados sejam diretamente consultados numa conta individual, criada numa plataforma WEB, onde são apresentados gráficos e dados estatísticos relativos à patologia do utilizador.

### 2.2.5 Glicontrol

Resulta do trabalho de um português com diabetes tipo 1 que decidiu criar um aplicação para gerir melhor a própria doença. Este sistema dispõe das seguintes funcionalidades: fácil registo e visualização dos valores diários de glicemia, calculo total de hidratos de carbono consumidos numa refeição, envio das medições por email e disponibilidade de um espaço para anotação de planos alimentares. Além das funcionalidades anteriores, uma funcionalidade importante do Glicontrol prende-se com a possibilidade de este apresentar recomendações do valor de insulina a administrar em função do nível de glicemia bem como a indicação das partes do corpo em que deve ser administrada [26].

A considerar apenas as aplicações aqui analisadas podemos afirmar que a maioria dos sistemas desempenham funções semelhantes embora existam diferenças muito ténues em algumas particularidades, nomeadamente ao nível dos valores de glicemia. Assim, a nível de rivalidade, estas aplicações concorrem mais diretamente com a aplicação *MyDiabetes* do que com o projeto por nós proposto dado que nenhuma delas demonstra estar relacionada com o lançamento de

conselhos e avisos / informações. No entanto, faz parte do nosso objetivo que este projeto possa ser embebido em qualquer aplicação baseada em registos como as que foram apresentadas.

## 2.3 Aplicações de apoio ao diabético com *feedback*

O *feedback* é considerado uma excelente ferramenta de aprendizagem e aperfeiçoamento, como tal, a sua presença nas aplicações que envolvem cuidados médicos seria essencial. No entanto, uma das limitações das aplicações móveis de apoio à auto-gestão é a ausência de *feedback* personalizado [41]. Posto isto, analisamos algumas aplicações que para além de apresentarem funcionalidades comuns às das aplicações referidas anteriormente transmitem algum tipo de *feedback*.

### 2.3.1 MyDiabetes

Projetada para smartphones e tablets esta aplicação ajuda o diabético a encontrar tendências nos níveis de glicose e auxilia no cálculo das dose de insulina. Além disso, ajuda a analisar informações a partir de dados inseridos manualmente de glicosímetros ou de bombas de insulina, apresenta gráficos estatísticos detalhados e uma fácil definição de lembretes de acordo com a hora da refeição para a verificação da glicemia [53]. De realçar que existe a sobreposição do nome desta aplicação com a aplicação desenvolvida pelo aluno João Graça. No entanto, ao longo da dissertação, quando nos referirmos à aplicação MyDiabetes referimo-nos ao trabalho desenvolvido pelo João.

### 2.3.2 Triabetes

Com a Triabetes é possível visualizar o nível glicose no sangue, os carboidratos e a insulina em conjunto. Esta combinação informa o paciente diabético acerca do seu estado durante o dia e permite a visualização das alterações que surgem após uma refeição ou prática de exercício físico. Para além da exibição de uma listagem com sugestões de atividades físicas, esta aplicação permite que, após a definição do nível de esforço, tempo de duração e frequência, o utilizador consiga analisar as calorias perdidas e o seu progresso em relação ao peso [4].

### 2.3.3 Dario

A aplicação móvel Dario, baseada numa solução *cloud*, apresenta todos os dados gravados, monitorização de glicose, carboidratos e ingestão de insulina, atividade física,, bem como as *tags* e notas, num *Logbook*. Todas as informações podem ser visualizadas como uma lista cronológica ou um gráfico e ainda possibilita a comparação por intervalos de tempo [46]. O painel de estatísticas apresenta uma repartição de todas as medidas para que o utilizador possa facilmente identificar tendências, monitorizar médias e até mesmo calcular a sua **HbA1C**. Outra característica desta

aplicação é a presença de gráficos que fornecem um resumo geral de todas as atividades para que o utilizador analise tendências e tenha percepção mais abrangente das suas atividades. Pode ser selecionado mais do que um parâmetro de visualização (por exemplo, medições de glicose e alimentação) num determinado período de tempo [46].

Com a adição de *feedback* à recolha de registos, estas aplicações aproximam-se do que pretendemos para o nosso projeto, embora o nosso tipo de *feedback* venha a ser distinto. Isto é, enquanto que nas aplicações referidas o *feedback* consiste maioritariamente na visualização de imagens, gráficos ou estatísticas a detecção de possíveis anomalias recai sobre o próprio utilizador, no caso do projeto desenvolvido, pretende-se minimizar essa tarefa através de um tipo de *feedback* que tem como base um conjunto de protocolos médicos relativos à diabetes. Não se trata de um *feedback* demasiado específico uma vez que o tipo de reação e o consequente tratamento é diferente dependendo do paciente, ao invés, pretende-se munir o utilizador com sistema que proporcione um *feedback* mais genérico, de forma a que cada utilizador consiga efetuar ajustes conforme o recomendado pela aplicação e pelas suas necessidades.



## Capítulo 3

# Diabetes: Cuidados a ter

De um modo geral, os sinais da diabetes podem facilmente passar despercebidos, uma vez que numa fase inicial, o conjunto de sintomas são ligeiros, motivo esse que muitas vezes pode levar o paciente a considerar os sintomas como passageiros. A maioria dos sintomas da diabetes tipo 1 e 2 são comuns: o aumento excessivo da glicose é eliminado através dos rins o que ocasiona que os doentes com diabetes urinem em grande quantidade e, conseqüentemente, tenham mais sede. A deficiente utilização da glicose como fonte de energia leva à fadiga, aumento do apetite e à utilização das gorduras como fonte de energia, podendo provocar emagrecimento especialmente em diabéticos do tipo 1. Outros sintomas de carácter mais preocupante que podem surgir são a difícil cicatrização da pele, gengivites, infeções urinárias, visão turva, formigueiro e dormência das mãos ou dos pés [25].

A Associação Norte-Americana de Diabetes (ADA) e a Associação Europeia para o Estudo da Diabetes publicaram, em 2009, princípios para controlar a diabetes onde destacam a importância de um controlo rigoroso do nível da glicose o mais cedo possível, para reduzir o risco de aparecimento de complicações a longo prazo [47]. As mudanças no estilo de vida, dieta, exercício e perda de peso, podem ajudar a normalizar os níveis de glicose, bem como a controlar outras doenças que estão associadas à diabetes: a obesidade, a hipertensão e o colesterol alto.

### 3.1 Atividade física e exercício

Num ensaio clínico realizado em 2002, denominado Diabetes Prevention Program (DPP), foi demonstrado que tanto a dieta como o exercício físico podem evitar o início da diabetes tipo 2. Esse mesmo estudo contou com a participação de 3234 indivíduos com excesso de peso, intolerância à glicose e concentração de glicose em jejum superiores ao normal, revelando que as pessoas que perdiam 5% a 7% de peso e faziam cerca de 30 minutos de exercício por dia podiam reduzir o risco de diabetes em 58% [32].

O exercício físico é um dos pontos essenciais na prevenção e no tratamento da diabetes no

entanto, para que este seja benéfico, deve ser prescrito de acordo a idade, condição física e o estado de saúde do doente. A prática de atividade desportiva assume uma importância vital para o diabético, já que o exercício pode ajudar a perder peso, através da queima de calorias e na criação de massa muscular. Por outro lado, também ajuda a potenciar a sensibilidade à insulina, a melhorar os níveis de lípidos no sangue (possibilidade de diminuição da dose de insulina injetável), a baixar a tensão arterial, a diminuir o risco de doenças cardiovasculares e a incrementar o bem-estar psicológico [6]. Porém, existe, de facto, um efeito indesejável derivado da prática de exercício físico: a hipoglicemia, a qual pode ocorrer repentinamente, durante ou após o exercício.

De forma a evitar complicações durante o exercício os diabéticos devem ter alguns cuidados, nomeadamente [8]:

- Monitorizar os níveis de glicose sanguínea antes, durante (se possível, a cada 30 minutos) e 15 minutos após o treino;
- Consumir (antes ou durante o exercício) 20 a 30 gramas de hidratos de carbono;
- Durante o treino, manter por perto hidratos de carbono de absorção rápida uma vez que pode ser necessária a sua ingestão como forma de compensar a falta de açúcar na corrente sanguínea;
- Reduzir a dose de insulina - ajustável pelo médico;
- Não trabalhar o músculo da área da injeção (apenas após 1 hora);
- Não treinar no pico máximo da ação da insulina;
- Evitar treinar ao final da tarde pois pode aumentar o risco de hipoglicemia noturna;
- Estar atento aos sintomas da hipoglicemia - nervosismo, transpiração sem motivo aparente, ansiedade, fraqueza, tonturas, sonolência, confusão, dificuldade para falar, visão baça.

Um dos principais objetivos de um diabético passa por manter um nível regular de glicose no sangue evitando assim a sua concentração elevada (hiperglicemia) por períodos prolongados. Contudo, é também necessário evitar o efeito contrário, a hipoglicemia, que consiste no baixo nível de glicose, assim como outros problemas relacionados com esta doença, embora menos frequentes, como a cetoacidose.

## 3.2 Hipoglicemia

A hipoglicemia apresenta-se como uma diminuição do nível de glicose no sangue e pode manifestar-se em todos os diabéticos tratados com insulina ou nos que utilizam medicamentos para reduzir a glicose. Existem diversas causas que podem justificar o facto da glicose no sangue poder atingir



um nível anormalmente baixo como a ingestão de um grande número de medicamentos (insulina, sulfonilureias ou glinidas), o excesso de exercício físico, a fraca alimentação ou deficiência de hidratos de carbono ou uma combinação dos anteriores fatores [50]. Quanto mais agressivo for o controlo do nível de glicose, maior será o risco de se sofrer uma hipoglicemia.

De forma a evitar complicações derivadas da ocorrência de uma hipoglicemia, é importante que os diabéticos e quem vive e trabalha com eles aprendam a reconhecer e a compreender a hipoglicemia, de forma a evitá-la e tratá-la antes que se transforme numa crise e coloque a vida em risco.

Muitos especialistas relacionam as reações de hipoglicemia com um nível de glicose inferior a 70 Miligramas por decilitro (mg/dL), no entanto, é difícil determinar com exatidão a que nível os sintomas de hipoglicemia se manifestam, porque cada pessoa reage de forma diferente. Apesar de não ser possível estabelecer um valor físico para o nível mínimo de glicose a partir do qual um indivíduo é considerado como estando em estado de hipoglicemia, existem determinados sintomas que alertam para um baixo nível de glicose e consequente estado de hipoglicemia, como por exemplo [18]:

- Nervosismo;
- Fraqueza;
- Fome;
- Vertigens ou tonturas;
- Tremores;
- Transpiração;
- Aceleração do ritmo cardíaco;
- Sensação de frio e suores frio;
- Irritabilidade;
- Confusão;
- Sonolência;
- Discurso incoerente;
- Diplopia (visão dupla);
- E em casos graves, perda de consciência, convulsões e mesmo coma.

Os sintomas podem-se tornar mais subtis com o passar do tempo, fazendo com que os indícios que anteriormente caracterizavam o problema deixem de se manifestar, no entanto, como o

cérebro, que depende da glicose para funcionar, é particularmente sensível à falta de glicose faz com que um baixo nível de glicose “desperte alarmes” no corpo. É mais aconselhável prevenir a hipoglicemia do que tratá-la. Para pessoas que tomam insulina, é possível que por vezes, sofram de hipoglicemia e o mais provável é que tal se deva a alterações nos padrões de alimentação, no entanto, beber álcool em excesso, ter uma alimentação desregrada ou sofrer problemas de fígado ou de rins, coloca o indivíduo numa situação de risco especial [50].

Embora seja aconselhável fazer um teste à concentração de glicose no sangue quando se suspeita de uma reação hipoglicémica pode muitas vezes já ser demasiado tarde para agir. Assim, quando o paciente diabético sente algum dos sintomas anteriormente descritos, deve á ingerir algo com açúcar que possa chegar rapidamente à corrente sanguínea. Tipicamente deverá ser suficiente ingerir entre 10 e 15 gramas de hidratos de carbono, o que pode equivaler a 120 a 180 ml de sumo de fruta, meia lata de refrigerante ou um rebuçado [18]. Depois de ingerir açúcar, o diabético deve aguardar 10 ou 15 minutos e em seguida, refazer um teste à concentração de glicose no sangue e, se esta se mantiver baixa, repetir o tratamento [13].

Embora os cenários anteriores necessitem de atenção imediata por parte do paciente, em casos mais complexos, é possível o paciente atingir um nível de hipoglicemia severa. A hipoglicemia severa pode ser caracterizada como uma situação de emergência que impede o próprio doente de pedir ajuda. Nesse caso, o paciente diabético pode mesmo perder a consciência ou mesmo ficar num estado de confusão total, a solução mais rápida é a aplicação de uma injeção de *glucagon*, a hormona que eleva o nível de glicose no sangue [17, 18].

### 3.3 Hiperglicemia

Hiperglicemia é o termo médico que significa glicemia elevada ou níveis altos de açúcar no sangue. Quando verificada de forma continuada, a hiperglicemia pode ser considerada como a grande causa das complicações tardias da diabetes. Os valores elevados de glicemia podem causar lesões nos vasos sanguíneos bem como no sistema nervoso, afetando a irrigação dos membros e dos órgãos. Por sua vez, uma deficiente irrigação sanguínea pode elevar o risco de infeções, doenças vasculares cardíacas e cerebrais, bem como lesões na retina, alterações vasculares nos membros inferiores e lesões renais [40].

Tipicamente o valor a partir do qual se considera que um paciente entra em estado de hiperglicemia varia de pessoa para pessoa no entanto, um valor acima de 200mg/dL já é considerado demasiado alto [15]. Além disso, a hiperglicemia pode evoluir para uma situação de hiperosmolaridade, a qual pode oscilar, de acordo com a gravidade da mesma, entre um leve torpor e um coma profundo - coma hiperosmolar. O coma hiperosmolar é, em regra, um processo mais lento do que a cetoacidose diabética e pode ocorrer, maioritariamente, em doentes ainda com determinada reserva de insulina no organismo. A gravidade clínica desta situação é elevada, constituindo, em alguns casos, um risco mortal [45].

Regra geral, um cenário de hiperglicemia pode ser provocado por diversos fatores entre os

quais se destacam a ingestão excessiva de hidratos de carbono, por uma situação de stress ou por alterações na medicação [15]. Independentemente das causas, a hiperglicemia existe uma atitude básica e geral que pode ser feita pelo próprio indivíduo - aumentar a ingestão de água durante esse período de descompensação.

Relativamente aos sintomas, quando se verifica uma subida do nível de glicemia são sentidas um conjunto de alterações ao organismo que podem alertar o paciente para a existência de uma eventual hiperglicemia. Nomeadamente quando existe um aumento do volume urinário derivado da necessidade do organismo expelir o excesso de glicose. A sede intensa (polidipsia) que resulta do aumento de perda de líquidos (água) através da urina pode também ser um sinal de uma potencial hiperglicemia. Para além destes sintomas um paciente diabético e em estado de hiperglicemia pode também vivenciar cansaço, dores de cabeça, fome, enjoos, sonolência, visão turva, formigueiros, podendo em casos mais severos levar à perda dos sentidos [7].

No entanto, em alguns casos, o paciente diabético pode não verificar qualquer tipo de sintomas, sendo que estes podem apenas surgir alguns dias depois quando são continuamente verificados elevados níveis de açúcar no sangue.

Perante os sinais de uma hiperglicemia, é importante que o diabético atue para evitar a sua progressão. É possível evitar a hiperglicemia mantendo o nível de glicose no sangue normal através da adoção de uma alimentação equilibrada, da prática de exercício físico de acordo com as recomendações médicas, do aumento da autovigilância através da realização dos testes de glicemia três a quatro vezes por dia antes e após as refeições, do aumento das doses de insulina de ação intermédia e, se necessário, reforçar a frequência e as doses de insulina de ação rápida, de acordo com os valores de glicose no sangue.

### 3.4 Cetoacidose diabética

A Cetoacidose Diabética (CAD) pode surgir devido à falta de insulina no organismo do paciente, o que por sua vez origina a uma maior concentração de glicose na corrente sanguínea. Como tal, como forma de contrariar a existência de elevadas concentrações de glicose no sangue, o organismo inicia a metabolização de ácidos gordos, criando assim corpos cetónicos. Consequentemente, os corpos cetónicos acumulam-se na corrente sanguínea e acidificam o sangue [28, 30]. Ao mesmo tempo, os rins excretam grandes quantidades de urina rica em glicose, o que provoca desidratação. Os sintomas de cetocidose diabética podem ser: muita sede, micção frequente, respiração acelerada, náuseas, vômitos e fadiga [28, 30]. Como os sinais de aviso se desenvolvem frequentemente ao longo de vários dias, os testes regulares à concentração de glicose no sangue podem determinar se o nível de glicose está tão elevado a ponto de aumentar o risco de cetoacidose diabética. Por sua vez, é possível exercer-se uma prevenção mais ativa no que respeita à cetocidose, através de aparelhos que permitem a monitorização de corpos cetónicos no sangue. Todavia, a informação obtida não era de carácter exato, rápido ou fidedigno comparativamente ao que hoje se obtém relativamente à sua presença no sangue, à qual vulgarmente se dá o nome de cetose ou

cetomia [34].

Associada à cetoacidose diabética, encontra-se o coma cetoacidótico que por sua vez deriva do facto de existir um excesso de corpos cetónicos que agride o sistema nervoso central, levando ao coma e, em último grau, à morte [33]. Também associada à CAD encontram-se as seguintes causas:[9]

- Glicemia superior a 300 mg/dL;
- Desconhecimento de que a pessoa é portadora de diabetes e consequentemente, a falta de tratamento;
- Aplicação da dose de insulina menor do que seria necessário;
- O consumo de energia do corpo é temporariamente aumentado, em virtude de infecções (principalmente as infecções urinárias e do trato respiratório), acidentes vasculares (infarto do miocárdio e AVC);

Contrariamente aos cenários de hiper e hipoglicemia, um paciente que entre em estado de cetoacidose diabética terá mais dificuldade em reverter este estado sem auxílio de terceiros. Nomeadamente, o tratamento desta complicação necessita de intervenção hospitalar e tipicamente deve englobar a administração de insulina, a hidratação endovenosa e correção dos iões no sangue especialmente fosfato, sódio e potássio [28].

Embora a cetoacidose diabética possa apresentar consequências graves, a aplicação de algumas medidas simples permitem prevenir as crises de cetoacidose diabética. Tais como [28, 33]:

- Conhecimento sobre os sintomas da cetoacidose para reconhecê-los precocemente;
- Atenção aos sintomas de glicemia elevada e baixa;
- Controlar os níveis de glicemia no sangue e os corpos cetónicos (cetonúria) na urina, mesmo em casa, utilizando fitas desenvolvidas para esse fim;
- Procurar assistência médica, quando os valores se apresentarem elevados;

### 3.5 Importância do Acompanhamento

Como descrito anteriormente, existem um conjunto de problemáticas associadas à diabetes. Uma das principais características desta patologia prende-se com a necessidade que o paciente tem em manter um constante acompanhamento de determinados valores do seu organismo. Assim, através de uma boa monitorização torna-se possível manter a diabetes de uma forma controlada sem que esta origine consequências críticas à saúde do paciente.

Além da necessidade de um correcto acompanhamento, existe a necessidade de o paciente estar informado sobre o modo de "atuação" da doença e de que forma esta influencia o seu organismo. Associado a essa mesma "educação" do paciente relativamente à temática da diabetes existe um conjunto de protocolos médicos que o paciente deverá ter em conta de forma a poder contrariar eventuais manifestações da doença.

Assim sendo, o conjunto de informação recolhida e apresentada ao longo do presente capítulo ganha especial importância na medida em que descreve um conjunto de informação que um paciente com diabetes deverá ter. Com base nessa mesma informação torna-se possível melhor compreender quais as problemáticas associadas à diabetes, bem como os sintomas que o paciente deverá ter em conta e de que forma os poderá contrariar. Munidos com essa mesma informação recolhida e com o apoio do departamento de endocrinologia do Hospital S. João o que se pretende é precisamente desenvolver um sistema que reúna todo esse conhecimento e possa assim ser utilizado conjuntamente com uma aplicação de registos da diabetes de forma a melhor informar/alertar o seu utilizador para eventuais problemáticas associadas com a sua diabetes.



## Capítulo 4

# Implementação

No presente capítulo descrevemos a arquitetura proposta, bem como os diferentes componentes necessários para a construção de um sistema capaz de interpretar um conjunto de dados relacionados com a diabetes, possibilitando assim a criação de um mecanismo de alertas passível de ser embebido numa aplicação Android de gestão de diabetes.

### 4.1 Arquitetura

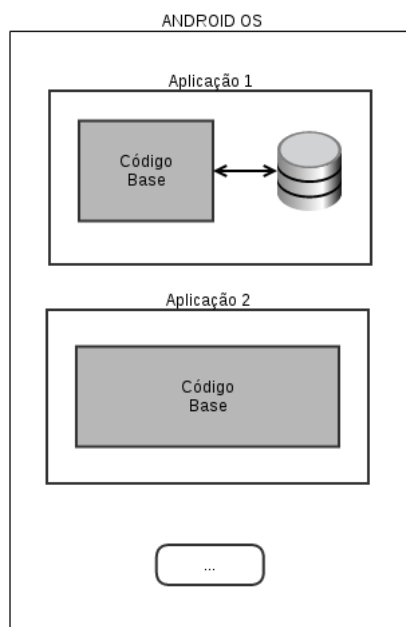


Figura 4.1: Típica Aplicação de Registos

A Figura 4.1 ilustra a arquitetura típica de uma aplicação de controlo de diabetes. Além do código que visa implementar a componente gráfica da aplicação, bem como toda a dinâmica de interação com o utilizador. Este tipo de aplicações baseia o seu funcionamento em volta de um

sistema de base de dados onde são armazenados os valores relevantes para o projeto desenvolvido tais como níveis de glicose ou doses de insulina. O que se pretende no desenvolvimento do projeto é precisamente tirar partido dos dados presentes na base de dados da aplicação de registos. Para tal, o objetivo passa por utilizar um **RBS** pré-configurado com um sistema de regras medicamente validadas, criando desta forma um sistema que permita alertar/informar o utilizador sobre qualquer anomalia que possa estar presente nos seus valores registados diariamente.

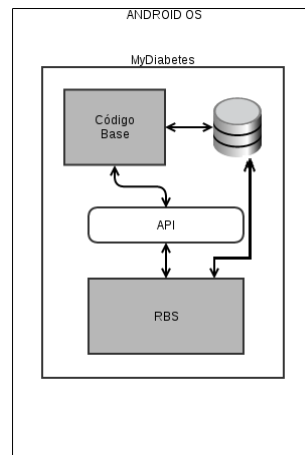


Figura 4.2: Arquitetura do sistema desenvolvido

Paral tal, propomos que o **RBS**, bem como o sistema de regras possa ser facilmente incorporado em qualquer aplicação já existente que tenha como objetivo armazenar um conjunto de dados relativos à diabetes de um paciente.

De forma a atingir tal objetivo propomos a arquitetura presente na Figura 4.2. O sistema é essencialmente constituído por 3 elementos distintos: sendo eles a aplicação de registos Android, um **RBS** e por último um conjunto de regras que o **RBS** irá ler por forma a avaliar os dados.

- **Aplicação de Registos.** Representa a aplicação Android onde tipicamente será mantida uma base dados com informação relativa ao dia à dia do paciente e à diabetes;
- **RBS** Consiste no sistema que irá avaliar o conjunto de dados presentes na aplicação de registos com base num sistema de regras pré-definido;
- **Regras.** Define um conjunto de regras que permitirá avaliar se os dados do paciente se encontram dentro dos parâmetros desejados;

Um dos pontos principais da arquitetura presente na Figura 4.2 prende-se com o facto de o próprio **RBS** poder ser embebido numa aplicação Android genérica. Desta forma, é possível evitar a necessidade de o utilizador ser forçado a instalar a componente de avaliação dos dados como uma aplicação Android adicional. Assim sendo, através da arquitetura proposta, é possível o **RBS** obter directamente acesso aos dados que se encontram armazenados na base de dados da aplicação de registos. Posto isto, o que se pretende é que a cada inserção de novos dados por



parte do paciente, a aplicação possa utilizar o **RBS** que por sua vez, irá avaliar os dados inseridos tendo em conta as regras pré-definidas.

De modo a tornar a junção de ambas as componentes (aplicação de registos e **RBS**) o mais transparente possível, recorreremos ao uso de chamadas a funções do motor **YAP** que tem como principal objetivo fornecer um mecanismo que possibilite a comunicação entre as diferentes componentes. Assim, a cada inserção de dados, a aplicação de registos pode facilmente alertar o **RBS** para a necessidade de avaliar novamente os dados, tendo em conta as últimas alterações. Além da possibilidade de a aplicação de registos poder originar novas avaliações dos dados por parte do **RBS**, as referidas funções deverão também retornar informação que possa permitir determinar se a aplicação principal necessita gerar um determinado tipo de alerta.

## 4.2 Aplicação Android

### 4.2.1 Funcionamento da Aplicação

Por forma a incluir um mecanismo de interação com o utilizador, foi usada a aplicação *A Minha Diabetes* como a aplicação Android base para manutenção de registos do utilizador. Esta aplicação tem como principal função o armazenamento dos registos efetuados pelo diabético, recorrendo para isso à utilização de uma base de dados interna à aplicação. Relativamente ao mecanismo de administração, implementação e manutenção relacional dos dados, a aplicação recorre ao sistema SQLite como forma de manter um sistema de base de dados completamente embebida no código da própria aplicação. Uma das principais vantagens da utilização desta abordagem prende-se com o facto do SQLite implementar o padrão SQL, o que lhe confere as seguintes vantagens [29]:

- **Independência entre o programa e os dados:** Quando a estrutura dos dados sofre alterações não implica que os programas que fazem manipulação de dados tenham de ser alterados;
- **Redundância minimizada:** Os dados de um Sistema de Gestão de Base de Dados (**SGBD**) são mais concisos porque aparecem apenas uma vez;
- **Maior disponibilidade:** A mesma informação pode ser disponibilizada a utilizadores diferentes, ou seja, compartilhamento de dados;
- **Precisão dos dados:** Dados consistentes são um sinal de integridade dos dados. Um **SGBD** fomenta a integração dos dados porque as atualizações e modificações só têm que ser feitas num lugar;

Como funções base a aplicação *A minha Diabetes* permite a inserção dos seguintes campos relacionados com a Diabetes e o paciente:

- **Valores de Glicemia;**

- **Valores de Insulina;**
- **Registo de Refeições;**
- **Registo de Exercício Físico;**
- **Valores de Hidratos de Carbono;**
- **Concentração de Hemoglobina Glicosilada;**

O objetivo do projeto desenvolvido tem como base o aproveitamento da base de dados produzida pela aplicação *A minha Diabetes* e assim efetuar uma análise cuidadosa dos valores introduzidos, capacitando o utilizador com uma ferramenta auxiliar para o correto acompanhamento da sua Diabetes.

#### 4.2.2 Alterações necessárias à Aplicação

Tendo em conta os valores que são guardados na atual versão da aplicação existia a necessidade de capacitar a aplicação base com novas funcionalidades que permitissem a introdução de novos dados como:

- **Valores dos Corpos Cetónicos;**
- **Patologias Adicionais;**
- **Valores de A1C e eAG;**

A necessidade da introdução das funcionalidades anteriormente descritas prende-se essencialmente com o facto de os valores referidos permitirem uma importante visão sobre o estado de saúde do utilizador. Assim sendo, o armazenamento dessa mesma informação permite testar um conjunto de regras consideradas medicamente importantes no panorama da Diabetes.

Como referido no Capítulo 3, a presença de corpos cetónicos pode alterar o bem estar de um paciente diabético. Assim sendo, os valores associados aos corpos cetónicos constituem uma importante fonte de conhecimento sobre o estado de saúde do paciente e como tal devem ser recolhidos e analisados pelo sistema de regras desenvolvido, despoletando alarmes caso os valores ultrapassem as referências medicamente estabelecidas.

Existe um conjunto de patologias que, quando associadas à Diabetes podem constituir cenários medicamente mais complexos e influenciar a forma como o paciente é tratado. Assim sendo, foi adicionada a possibilidade de o utilizador poder escolher um conjunto de patologias consideradas medicamente relevantes quando associadas ao tratamento da Diabetes. Através desta funcionalidade torna-se possível a adaptação do sistema de regras às patologias de cada utilizador, criando assim um melhor sistema de alertas baseado no estado de saúde do paciente.

Por último, relativo às adições de funcionalidades à aplicação *MyDiabetes* seria possibilitado ao utilizador o preenchimento de campos relativos aos valores de **HbA1C** e Glicose Média Esperada (**eAG**). A relação entre os dois valores anteriores pode constituir uma importante visão sobre o controlo da Diabetes do utilizador, uma vez que a hemoglobina glicosilada, **HbA1C**, mede o nível médio de açúcar no sangue 24 horas por dia, 7 dias por semana, durante 2-3 meses e o resultado é apresentado em percentagem. Por essa razão pode ser útil converter esse valor num valor médio de glicose, ao qual se dá o nome de glicose média esperada ou **eAG**. A **eAG** usa os mesmos valores e unidades (**mg/dL**) que o paciente visualiza no seu medidor de glicose e isso pode ajudá-lo a perceber como é que as suas medições diárias de açúcar no sangue se relacionam com a sua **HbA1C**.

Destacamos no entanto que apesar do levantamento das alterações necessárias à aplicação ter sido efetuado, devido às dificuldades que surgiram com a integração entre motor **YAP** e a aplicação de registos, não possível acrescentar estas novas funcionalidades à aplicação *A minha Diabetes*[31].

### 4.3 RBS

No desenvolvimento do projeto, por forma a obter um sistema que permitisse fácil integração em aplicações heterogéneas e fosse capaz de avaliar eficientemente um conjunto de informação presente numa base de dados e daí inferir uma série de recomendações recorreremos à utilização de um **RBS**.

Os **RBS** podem ser vistos como um conjunto de condições *if-then* que no seu total podem constituir sistemas mais complexos denominados *expert systems*. Por sua vez, um *expert system* consiste numa forma de transformar o conhecimento pessoal sobre uma determinada matéria ou processo num sistema automático que permita responder a determinados problemas como se de um humano se tratasse. Aliada ao projeto desenvolvido, esta abordagem apresenta as características que se pretendem para um sistema que visa avaliar um conjunto de dados de um utilizador. Ou seja, no caso específico do nosso sistema, podemos considerar o conhecimento do médico endocrinologista sobre a diabetes como a nossa base de conhecimento para o desenvolvimento do *expert system*. Por sua vez, esse mesmo *expert-system* será incorporado numa aplicação Android de forma a que em termos genéricos, seja possível desenvolver um sistema que com base no conhecimento de um médico endocrinologista, possa avaliar os dados do paciente de forma automática e sistemática.

De forma a construir um **RBS**, são essencialmente necessários três elementos diferentes, sendo eles:

- **Conjunto de Factos.**
- **Conjunto de Regras.**

- Uma Condição.

De um modo geral, os factos ou a também denominada memória de trabalho constitui o conjunto de dados sobre os quais se pretende aplicar algum tipo de avaliação com base numa *knowledge base*. Por sua vez, as regras consituem um dos principais pontos do **RBS**, uma vez que é através dessas mesmas definições (que no fundo são constituídas por condições *if-then*) que se torna possível codificar o conhecimento humano sobre um determinado assunto. Será precisamente com base nessa codificação que se torna possível encontrar a solução para um determinado problema. Essa mesma solução é tipicamente denominada condição e de um modo geral determina se com base no conjunto de regras é possível encontrar alguma solução para os factos pré-definidos.

No caso do cenário do projeto desenvolvido podemos considerar que os factos utilizados correspondem aos dados da diabetes que o utilizador regista na aplicação Android. Por sua vez, o conjunto de regras consiste no conhecimento do médico endocrinologista sobre a diabetes. Esse mesmo conhecimento é então usado para avaliar os dados da aplicação Android e assim determinar uma condição. Essa mesma condição pode então ser vista como uma variável que indica se os dados do utilizador estão ou não dentro dos parâmetros desejáveis.

De forma a embutir o **RBS** desenvolvido numa aplicação Android, analisamos alguns sistemas de regras como o Event Transaction Logic Inference System (**ETALIS**) que utiliza uma linguagem declarativa e permite efetuar um processamento de informação, detetando assim um conjunto de eventos que obedeçam a regras predefinidas [11]. Um outro sistema que permite a criação de *expert systems* mais complexos é o sistema CLIPS. De um modo geral, o CLIPS fornece os mecanismos necessários para a criação de um conjunto de regras sobre as quais se pretende avaliar determinados dados. Uma das vantagens deste sistema reside no facto de existirem dois *ports* que visam implementar sistemas inteligentes que suportem tomadas de decisões para o sistema operativo Android, nomeadamente o CLIPS4ANDROID e o DROID-CLIPS. Ambas estas ferramentas fornecem um ambiente completo com uma linguagem de programação específica que pode ser diretamente utilizada pelo Android OS e possibilita a construção de um conjunto de regras ou sistemas especializados baseados em objetos que analisam um conjunto de informação com o objetivo de detetar padrões que encaixem no conjunto de regras predefinidas [49].

No entanto, após a análise do conjunto de ferramentas anteriormente descritas surgiu a oportunidade de incorporar o nosso projeto num outro projeto atualmente a ser desenvolvido na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, cujo principal objetivo consiste em desenvolver uma versão do **YAP** para o Android OS<sup>1</sup>. Assim sendo, decidimos utilizar a versão do **YAP** em Android atualmente em desenvolvimento pelo Prof. Vítor Santos Costa e incorporá-lo como **RBS** no projeto desenvolvido.

---

<sup>1</sup>Projeto ainda em desenvolvimento na Faculdade de Ciências Universidade do Porto.

#### 4.3.1 PROgramming in LOGic (PROLOG) como RBS

O **YAP** é uma implementação do sistema **PROLOG** baseado nos desenvolvimentos do Warren Abstract Machine (**WAM**), um interpretador do sistema **PROLOG** e dos seus subsequentes desenvolvimentos como o Quintus Prolog [43]. O sistema **YAP**, como principais vantagens apresenta uma série de optimizações a nível da sua rapidez de execução e suporte para operações de paralelismo, conseguidas através do desenvolvimento de um emulador baseado na linguagem C[43]. Como tal, aliada às suas valências como sistema lógico e às suas fortes ligações à Faculdade de Ciências, no desenvolvimento do projecto, o **YAP** apresenta-se como uma abordagem ao problema.

Assim, tendo como base os dados armazenados na aplicação *MyDiabetes* e com o objetivo de desenvolver um mecanismo eficiente de avaliação dos dados, foi utilizado o motor **YAP** como **RBS**. Uma das principais vantagens na utilização do **YAP** como **RBS** prende-se com o facto de este utilizar um paradigma lógico, assim sendo a sua programação é baseada na capacidade de desenvolver algoritmos que permitam alcançar determinados objetivos dentro de um conjunto de regras predefinidas.

O tipo de abordagem anterior, nomeadamente o paradigma lógico associado ao **PROLOG** apresenta-se como sendo o ambiente ideal para a criação de um **RBS**. Isto devido ao facto de o conjunto de regras definido num **RBS** ser modelado à semelhança do conhecimento humano, o que muitas vezes implica a criação de condições e relações complexas entre a informação. Assim sendo, paradigmas de programação tipicamente associadas a linguagens como o C, C++ ou Java não serão os ideais para o desenvolvimento de um **RBS** isto porque paradigmas imperativos são tipicamente optimizados para a manipulação da informação em forma de arrays ou números e não propriamente nas relações que possam existir entre a informação.

Utilizando uma linguagem de programação como o **PROLOG**, torna-se então possível que programador descreva um determinado problema com base num conjunto de regras e com base nesse mesmo código produzido, o interpretador ou compilador fornece uma solução. Desta forma evita-se a descrição exaustiva de todos os possíveis procedimentos necessários para determinar a solução de um problema como tipicamente acontece nos paradigmas imperativos.

#### 4.3.2 Interação com Aplicação Android

Um dos pontos fundamentais da arquitetura proposta prende-se com a necessidade da aplicação de registos comunicar com a componente de **RBS**.

De um modo geral, identificamos as seguintes interações entre a componente de registos e o **RBS**:

- Aplicação de registos solicita uma avaliação dos dados presentes na base de dados;
- **RBS** avisa a aplicação de registos para a necessidade de alertar o utilizador;

No caso da primeira interação, pretende-se que o objetivo passe por disponibilizar um mecanismo que permita à aplicação de registos Android desencadear uma avaliação dos dados armazenados por parte do **RBS**. Assim, através desta chamada, torna-se possível que a cada nova inserção de dados, a aplicação Android possa reavaliar o conjunto de dados tendo em conta as mais inserções. Por outro lado, a segunda interação enumerada tem como objetivo permitir ao **RBS**, após a sua avaliação dos dados, alertar a aplicação base para a necessidade de emitir um determinado alerta ao paciente.

## 4.4 Sistema de Regras

No caso do sistema de regras, este é definido num ficheiro específico incluído na própria aplicação Android. O sistema tem como base um conjunto de predicados escritos em **PROLOG** que terão como objetivo aferir se um determinado conjunto de dados presentes na base de dados da aplicação deverá ou não provocar um conjunto de alertas.

O sistema de regras elaborado é baseado em protocolos médicos relacionados com os problemas mais frequentes da diabetes descritos no Capítulo 3. Posteriormente, de forma a obter *feedback* sobre a compreensão das mesmas e informação sobre o que é importante transmitir ao paciente diabético a cada aviso/alerta reunimos com o serviço de endocrinologia do centro hospitalar S. João. Na presente secção apresentamos um conjunto de regras que consideramos mais interessantes, embora a totalidade do sistema de regras desenvolvido possa ser consultado no Apêndice A.

### 4.4.1 Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia

Como referido no Capítulo 3 existem diversas causas para a ocorrência de uma hipoglicemia como por exemplo a prática recente de exercício físico ou a existência de níveis reduzidos de glicemia no sangue. O Bloco de código 4.1 representa a forma como o sistema desenvolvido verifica a ocorrência de uma hipoglicemia, ao mesmo tempo que tenta apurar a sua causa. Para tal, o sistema de regras desenvolvido recorre a quatro regras distintas. A regra 1 do Bloco de código 4.1 visa verificar os níveis de glicemia do utilizar numa situação em que apenas é detetado um nível reduzido de glicose. Por sua vez, a segunda e terceira regra apuram respectivamente se a hipoglicemia ocorre devido à prática recente de exercício físico ou devido à falta de uma refeição. Por último e de forma a melhor informar o paciente, as regras 4 e 5, na existência de uma hipoglicemia, inspeccionam a diferença temporal entre a hora do registo e a hora actual. No primeiro caso, caso o registo tenha sido efectuado num intervalo inferior a 10 minutos<sup>2</sup>, o sistema de regras alerta a aplicação de forma a que esta possa sugerir um conjunto de hidratos de carbono que o paciente deve ingerir de forma inverter a situação de hipoglicemia. Por outro lado, caso a diferença temporal ultrapasse 15 minutos<sup>2</sup>, a aplicação alerta o utilizador para a necessidade de refazer o teste de glicose.

```

(1)hipoglicemia(ValorBGRecente,HorasDepoisHipo):-
    valorBGRecente(ValorBGRecente),
    tempoValidoHipo(HorasDepoisHipo),
    valorMinBG(MinBG),
    ValorBGRecente <= MinBG.

(2)valoresBaixosporExercicio(ValorBGRecente, HorasDepoisEx):-
    exercicioRecente(HorasDepoisEx),
    hipoglicemia(ValorBGRecente, HorasDepoisHipo).

(3)valoresBaixosporNaoRefeicao(MaxBG, HoraUltimaRefeicao, HoraUltimaInsulina):-
    hiperglicemia(ValorBGRecente, HoraDepoisHiper),
    naoRefeicao(HoraUltimaRefeicao),
    insulinaRecente(HoraUltimaInsulina).

(4)valoresBaixosListaHC(ValorBGRecente,Min):-
    valorBGRecente(ValorBGRecente),
    valorMinBG(MinBG),
    ValorBGRecente <= MinBG,
    minpassados(Min).

(5)valoresBaixosPosMin(ValorBGRecente, Max):-
    valorBGRecente(ValorBGRecente),
    valorMaxBG(MaxBG),
    ValorBGRecente >= MinBG,
    maxpassados(Max).

```

Bloco de Código 4.1: Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia

Seguidamente explicamos detalhadamente a ação de uma das regras relacionadas com a hipoglicemia de forma a clarificar o seu funcionamento. Dado que uma das principais causas de hipoglicemia está relacionada com a prática de exercício físico, a regra número 2 do Bloco de Código 4.1 visa apurar se existe uma relação entre a hipoglicemia do utilizar e a prática recente de exercício físico. Para que a regra número 2 seja válida é necessário verificar o valor de glicemia do utilizador e o registo temporal relacionado com o exercício. O valor referente à glicemia é obtido através do *ValorRecente* que consiste numa simples pesquisa à base de dados pelo valor de glicemia mais recente, que corresponde ao último registo efetuado pelo paciente. A variável *HorasDepoisEx* consiste no cálculo da diferença temporal entre a hora do registo do exercício e a hora atual. Se esta diferença não exceder o limite definido, então a prática de exercício físico é recente, caso contrário a condição não se verifica. De realçar que para a regra ser válida, todos os predicados que a constituem têm de ser verdadeiras o que indica que a hipoglicemia do utilizador poderá estar relacionada com a prática recente de exercício físico.

<sup>2</sup>Valores indicados pelo serviço de endocrinologia do centro hospitalar de S. João.

#### 4.4.2 Regra relacionada com a hiperglicemia e cetoacidose diabética

```
(1)hiperglicemia(ValorBGRecente, HorasDepoisHiper):-  
    valorBGRecente(ValorBGRecente),  
    valorMaxBG(MaxBG),  
    tempoValidoHiper(HorasDepoisHiper),  
    ValorBGRecente >= MaxBG.  
  
(2)hiperglicemiacomCetoacidoseModerada(ValorBGRecente, ValorCetose):-  
    hiperglicemia(ValorBGRecente, HoraDepoisHiper),  
    cetoacidoseModerada(ValorCetose).  
  
(3)hiperglicemiacomCetoasidadeGrave(ValorBGRecente, ValorCetose):-  
    hiperglicemia(ValorBGRecente, HoraDepoisHiper),  
    cetoacidoseGrave(ValorCetose).
```

Bloco de Código 4.2: Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia

A hiperglicemia, de um modo geral, ocorre numa situação onde os valores de glicemia na corrente sanguínea excedem os valores recomendados. Tal situação pode ocorrer pela ingestão de uma quantidade elevada de hidratos de carbono. Através do Bloco de Código 4.2, mais precisamente na regra 1, torna-se possível detetar tais situações. Por sua vez, quando ocorre uma hiperglicemia pode eventualmente surgir o aumento de corpos cetónicos, o que pode originar uma cetoacidose diabética de carácter moderado ou grave, situação essa verificada nas regras 2 e 3 presentes no Bloco de Código 4.2

```
(1)cetoacidoseModerada(ValorCetose):-  
    valorCetoseRecente(ValorCetose),  
    ValorCetose >= 0.3,  
    ValorCetose < 3.0.  
  
(2)cetoacidoseGrave(ValorCetose):-  
    valorCetoseRecente(ValorCetose),  
    ValorCetose >= 3.0.
```

Bloco de Código 4.3: Regra relacionada com a ocorrência de cetoacidose diabética

No caso do sistema desenvolvido, a cetoacidose diabética é categorizada em *moderada* e *grave*. O paciente encontra-se perante uma cetoacidose moderada se os níveis de cetose estiverem dentro do intervalo 0.3 e 3.0 milimole por litro (**mmol/L**). No caso dos valores se encontrarem no intervalo anterior, a situação não se revela preocupante, requiere, no entanto uma maior atenção por parte do paciente e como tal, este pode facilmente controlar a situação. Assim sendo, o sistema através da regra 1 do Bloco de Código 4.3 permite alertar o paciente para a existência do problema. Já no caso dos valores dos corpos cetónicos serem superiores a 3.0 **mmol/L**, então a aplicação, através da regra 2 do Bloco de Código 4.3 alerta o paciente para a urgência de este



se dirigir imediatamente a uma unidade hospitalar.

#### 4.4.3 Regra relacionada com a insulina

```
(1) ajustarInsulinaPorqueHipo (HorasDepoisHipo) :-  
    hipoglicemia (ValorRecente, HorasDepoisHipo) .  
  
(2) ajustarInsulinaPorqueExercicioRecente (HorasDepoisEx) :-  
    exercicioRecente (HorasDepoisEx) .  
  
(3) ajustarInsulinaPorqueNaoRefeicao (HoraUltimaRefeicao) :-  
    naoRefeicao (HoraUltimaRefeicao) .
```

Bloco de Código 4.4: Regra relacionada com o ajuste de insulina

Situações como a recente ocorrência de uma hipoglicemia, a prática de exercício físico ou a ausência de uma refeição, são situações que o utilizador deve ter em consideração no momento de doseamento de insulina. Por essas mesmas razões, através do Bloco de Código 4.4 tais situações são verificadas de forma a alertar o utilizador para um possível ajuste nas doses de insulina.

#### 4.4.4 Regras adicionais

Além das regras que se enquadram nos cenários típicos da diabetes, apresentamos outras que, em diálogo com o departamento de endocrinologia do centro hospitalar de S. João consideramos relevantes.

O valor que define uma hipoglicemia está muitas vezes dependente da idade do paciente. No entanto, uma grande parte das aplicações de gestão da diabetes utilizam um valor de glicose base de 70 mg/dL como forma de detetar a ocorrência de uma potencial hipoglicemia. Porém, como analisado em [3] e posteriormente debatido com o serviço de endocrinologia, concluímos que é aconselhável para um utilizador adolescente que o estado de alerta seja antecipado para 80 mg/dL. Assim, aquando a inserção de dados pessoais do utilizador a sua idade é verificada e caso seja inferior ou igual a 18 anos é sugerido o ajuste do valor de hipoglicemia.

Outro fator considerado relevante para o bem-estar do paciente é a presença de outras doenças, que em união com a diabetes podem desencadear um estado grave. Em diálogo com o serviço de endocrinologia do centro hospitalar de S. João concluímos que, em situações de doença, como por exemplo uma gripe ou uma infeção de pouca gravidade, os níveis de glicemia ficam mais instáveis, podendo subir ou descer de forma abrupta, muito devido à libertação de hormonas contra o *stress* provocado pela doença.

Assim, o sistema de regras, compara as patologias registadas pelo utilizador com uma lista pré-compilada de doenças que os médicos endocrinologistas consideram preocupantes (hipertensão, doenças cardiovasculares...) quando associadas à diabetes. No caso de coincidirem, é lançado um

aviso com informações relacionadas às doenças detectadas e à forma como estas se relacionam com a diabetes. Nesta regra em particular, o tipo de informação exibida é modificada a cada *match* da regra. Ou seja, no caso de o utilizador registar uma doença preocupante quando associada à diabetes, o sistema deverá mostrar ao utilizar informação de carácter variável, evitando assim que o paciente seja confrontado repetidamente com a mesma informação.

Uma outra relação utilizada no sistema de regras desenvolvido, prende-se com a relação entre a **HbA1C** e a **eAG**. A **HbA1C** permite medir o nível médio de glicose no sangue durante 2 a 3 meses e o resultado é apresentado em percentagem. Por essa mesma razão, pode ser útil converter esse mesmo valor em **eAG**, que pode ser calculada através da seguinte fórmula [2]:

$$\text{eAG}(\text{mg/dL}) = 28.7 \times \text{HbA1C}(\%) - 46.7$$

A Tabela 4.1 permite demonstrar de que forma o valor de **HbA1C** se relaciona com a **eAG**.

Tabela 4.1: Relação entre **HbA1C** e **eAG**

<b>HbA1C (%)</b>	<b>eAG (mg/dL)</b>
6%	126
6.5%	140
7%	154
7.5%	169
8%	183
8.5%	197
9%	212
9.5%	226
10%	240

De uma forma genérica, o valor da **HbA1C** igual ou inferior a 7%, que corresponde a uma **eAG** de 154 mg/dL, posiciona-se como sendo o valor recomendado para a maioria dos pacientes diabéticos [5]. No entanto, os objetivos glicémicos necessitam de ser adaptados a cada paciente [2].

Posto isto, elaboramos uma regra cujo objetivo é calcular a **HbA1C** através da **eAG** dada pela seguinte fórmula:

$$\text{HbA1C}(\%) = \frac{\text{eAG}(\text{mg/dL}) + 46.7}{28.7}$$

Ou seja, utilizando a relação inversa e obtendo o valor da **HbA1C** com base na **eAG**, torna-se útil comparar com o resultado obtido com as análises laboratoriais. Assim, no caso de se verificar uma diferença superior a um ponto percentual entre os resultados pode ser acionado um alerta.

## 4.5 Tipos de alarmes

Com base no tipo de alarme que as regras acionam podemos fazer a seguinte divisão:

- **Alarme com informação rotativa**
- **Alarme com repetição**
- **Alarme sugestivo**
- **Apenas alarme**

O **alarme com repetição** consiste na sua repetição durante um determinado período de tempo. É aplicado nas regras que têm como objetivo lembrar o utilizador de refazer o teste de glicemia, após uma ocorrência de hipoglicemia ou hiperglicemia, ou o teste dos corpos cetónicos.

Os alarmes relacionados com as doenças adicionais do utilizador e com a relação Hemoglobina Glicosilada (A1C)/eAG são **alarmes com ação eventual**, acionados ocasionalmente. Isto porque, no primeiro caso, tornar-se-ia fastidioso para o utilizador receber informações diárias sobre mais uma doença. No segundo caso, como os valores utilizados para a execução da regra não são medidos diariamente o alarme correspondente não poderá ser ativo. Assim, o alarme referente às doenças do utilizador é acionado mensalmente enquanto o seguinte tem duração trimestral.

O **alarme sugestivo** ocorre quando a informação inserida pelo utilizador difere da informação que está guardada como *default*. Vejamos o exemplo relacionado com a idade do utilizador. Se este assinalar uma idade inferior ou igual a 18 anos a aplicação sugere que o valor de detecção de hipoglicemia seja ajustado.

**Apenas alarme** corresponde aos alarmes mais simplistas, sem a adição de funcionalidades como as descritas anteriormente. Consistem apenas em alertar o utilizador. Por exemplo, no caso de o utilizador inserir insulina e anteriormente ter praticado exercício físico, surge o alerta a lembrar o sucedido para que desta forma o utilizador ajuste as doses de insulina a ingerir.

## 4.6 Integração das regras com a aplicação *A minha Diabetes*

Através da conexão entre o motor YAP, a plataforma Android e o RBS torna-se possível fornecer ao paciente diabético um acompanhamento mais individualizado, diferente do que se encontra nas aplicações que têm como funcionalidade principal a recolha de registos.

A aplicação de registos, *A minha Diabetes*, contém dados armazenados na Base de Dados (BD), para os quais solicita avaliação. Por sua vez, a avaliação dos dados é efetuada através do código YAP que se encontra embebido na aplicação Android. Essa mesma avaliação, deverá ser realizada a cada inserção de novos dados por parte do paciente e apesar de não ter sido implementado no nosso projeto, poder-se-á ainda fornecer mecanismos que possibilitem, agendar a avaliação das regras para que desta forma seja possível a aplicação verificar se o utilizador avançou alguma refeição ou no caso de ocorrência de uma hipoglicemia verificar se o utilizador refez o teste de glicose.

O conjunto de regras desenvolvido foi, numa primeira fase, testado numa plataforma com sistema operativo Linux, onde se encontrava a correr uma instância de uma base de dados *MySQL*. Por sua vez, a base de dados foi criada à semelhança da estrutura da base de dados interna da aplicação *A minha Diabetes*, sendo que os dados armazenados consistiam em registos típicos como valores de glicemia ou práticas de exercício físico. Como forma de interligar o código das regras com a base de dados *MySQL* recorremos ao uso da interface *ODBC* do **YAP**. Através desta abordagem, foi possível desenvolver e testar um sistema de regras medicamente validadas que essencialmente pode ser usado para avaliar uma base de dados *MySQL* que contenha registo típicos de um paciente diabético.

No entanto, a adaptação do sistema anterior para uma plataforma Android originou alguns problemas essencialmente devido à falha de comunicação com a base de dados. Contrariamente ao cenário anterior, na plataforma Android recorre-se a bases de dados *SQLite*, o que invalida o uso da interface *ODBC* como mecanismo de interligação entre o código **PROLOG** e a base de dados. Por esse mesmo motivo, e devido ao escasso tempo restante para a conclusão do projecto decidimos, como prova de conceito, transformar os dados armazenados na base de dados em factos que seriam directamente carregados pelo **YAP** conjuntamente com o conjunto de regras definidas.

Assim sendo, embora o conjunto de regras desenvolvidas não tenha sido devidamente testado numa plataforma Android, este por sua vez foi desenvolvido e testado numa plataforma Linux. Por sua vez, a sua adaptação para uma plataforma Android, encontra-se apenas condicionada, não pelo proprio conjunto de regras desenvolvidas, mas sim pelo mecanismo de interligação entre o motor **YAP** Android e as bases de dados *SQLite*.

## Capítulo 5

# Conclusões

Os doentes com diabetes podem levar uma vida saudável, plena e sem grandes limitações. O objetivo do tratamento é manter o nível de glicose no sangue o mais próximo possível dos valores normais, de modo a evitar quaisquer sintomas, prevenir o desenvolvimento das manifestações tardias da diabetes e diminuir o risco de descompensações agudas como a hiperglicemia e cetoacidose diabética.

O tratamento pode englobar alimentação, administração de insulina, praticar exercício físico e educação diabetológica, que inclui testes à urina e ao sangue, efetuados diariamente pelo paciente. Por sua vez, os testes efetuados pelo doente, diariamente, informam-no se o nível de glicose no sangue se encontra elevado, baixo dentro dos parâmetros expectáveis, permitindo assim, se necessário, adaptar os diversos elementos do tratamento (alimentação/insulina/exercício físico). Uma vez que numa grande maioria das doenças crónicas, a maior dificuldade do tratamento reside em conseguir que o doente assuma comportamentos de autocontrolo na gestão da sua doença, a melhor forma de aumentar a adoção deste tipo de comportamento passa pela existência de bons programas de educação, assentes numa boa relação médico/doente.

É precisamente nesse sentido que surge o projeto desenvolvido. Baseado numa aplicação que auxilia o paciente no controlo dos seus registos extendemos as suas funcionalidades com a inserção do funcionamento de um sistemas de alarmes/avisos com o fornecimento de *feedback* ao utilizador de forma a que este possa efetuar ajustes ao seu tratamento baseado na informação sugerida pela aplicação. O sistema de avisos utilizado engloba os pontos principais desta doença: o exercício físico, a insulina, a alimentação, os valores de glicemia e dos corpos cetónicos bem como o registo de doenças que em união com a diabetes pode influenciar o bem-estar do paciente diabético.

Com este objetivo foram efetuadas várias reuniões com o serviço de endocrinologia do Hospital de S. João no Porto para que se tornasse possível organizar um conjunto de regras que fosse do encontro as necessidades do paciente e também dos médicos. Associado ao levantamento do conjunto de regras médicas e consulta de vários artigos sobre a matéria, seguiu-se a produção de um *output* com informações úteis para o utilizador colocar em prática de forma a que este possa

obter melhorias nos seus resultados clínicos.

Após a envolvente teórica necessária para a elaboração das regras passamos para a sua transformação numa linguagem de programação de forma a tornar possível a sua execução num dispositivo móvel. Recorremos ao uso de uma linguagem simples, o **PROLOG**, para que, caso necessário, o médico possa editar ou inserir novas regras através de processo rápido e de fácil compreensão. Assim, o resultado final é projeto constituído por um conjunto de regras escritas em **PROLOG** que fornecem *feedback* ao utilizador e é executável em ambiente Android.

Relativamente aos testes efetuados, foram verificadas algumas dificuldades na integração do motor **YAP** diretamente com a aplicação de registos da diabetes. Nomeadamente, o acesso à base de dados da aplicação de registos não foi efetuada com sucesso devido a problemas inerentes ao motor **YAP** quando executado num sistema operativo Android. Como forma de colmatar esta lacuna e de forma a testar as regras desenvolvidas, os valores presentes na base de dados de registos que seriam usados para avaliar eventuais problemas com a diabetes do paciente foram transformados em fatos e carregados directamente com o motor **YAP**. Ou seja, tomando como exemplo os níveis de glicose guardados na base de dados da aplicação de registos, a adaptação passou por carregar um ficheiro no motor **YAP** que contivesse como fatos os diversos valores armazenados na base de dados. Além disso, outra alternativa para testar as regras desenvolvidas foi a sua execução no **YAP** numa plataforma Linux com a uma base de dados *MySQL*. Nessa mesma base de dados encontravam-se dados referentes à informação que o utilizador insere relacionada com a sua doença, tais como os valores de glicemia, as unidades de insulina e/ou dados relacionados com a prática de exercício físico. No ficheiro de regras encontram-se as regras escritas em **PROLOG**. Por fim, no ambiente Linux simula-se a inserção de novos dados, avaliam-se de novo os dados através das regras escritas em **PROLOG** e verifica-se a necessidade de alertar o utilizador conforme a resposta resultante. No entanto, é esperado que com a maturação do desenvolvimento do projecto **YAP** em Android, a problemática da ligação à base de dados SQLite por parte do motor **YAP** possa ser resolvida evitando assim a necessidade de transformar diversos registos em fatos **PROLOG**.

Apesar do projeto desenvolvido ir ao encontro dos interesses dos pacientes e dos médicos, até ao momento não foi possível realizar um estudo que permita verificar a influência deste tipo de *feedback* nos resultados dos utilizadores.

## 5.1 Trabalho futuro

A portabilidade é um dos fatores essenciais para o desenvolvimento do nosso trabalho. Por enquanto o projeto será desenvolvido com o intuito de ser executável numa plataforma Android, mas será interessante e vantajoso expandir para outros sistemas de smartphone como IOS e Windows Phone.

Uma vez que a funcionalidade principal da aplicação passa pelo apoio diário ao diabético existem alterações que podem ser desenvolvidas para que o suporte seja cada vez mais preciso e

pessoal. Nomeadamente, a introdução de um sistema de reconhecimento de padrões no exercício físico e nos valores de glicemia. As vantagens desta norma é que a aplicação ao perceber os dias, e consequentemente o horário, o tipo de exercício e a intensidade a que o utilizador se exercita poderá ativar alertas com informações relevantes, como por exemplo, uma recomendação mais precisa do ajuste na dose de insulina antes e depois do treino, ou sugestões relacionadas com o tipo de alimentação a ingerir antes de cada atividade tendo em conta as características do exercício. Por sua vez, o reconhecimento de padrões nos valores de glicemia ajudariam o utilizador a perceber o motivo por que os valores se alteram.

Outra funcionalidade a inserir seria o cálculo da quantidade de insulina ativa (insulina ainda existente no organismo) através da utilização de um algoritmo que considera o tipo de insulina (ação muito rápida (Humalog), rápida (Humulin), intermédia (NPH) ou prolongada (Lantus/Levemir)) e a sua ação, que se divide consoante [12]:

- **Início de ação:** Tempo que a insulina demora, depois de injetada, a começar a atuar;
- **Pico máximo:** Período de tempo em que a insulina atua com maior atividade;
- **Duração de ação:** Tempo durante o qual a insulina atua no organismo).

A utilização deste algoritmo irá permitir um controlo mais rigoroso da diabetes e tem como objetivo minimizar os episódios de hipoglicemia.

Ao longo da construção da dissertação destacamos a importância do *feedback* das aplicações para os utilizadores, em particular para os diabéticos. Apesar do nosso projeto já assumir esse papel o objetivo futuro será ajustar esse *feedback* ao utilizador. Isto é, ao invés de incitar alarmes/avisos genéricos modificar para alarmes próprios e particulares adaptados ao seu perfil e estilo de vida.

Outra funcionalidade interessante, mas para já independente ao nosso trabalho, será a sincronização automática do medidor de glicemia com o telemóvel. Assim, na possível situação do utilizador ter os níveis de açúcar baixos, o telemóvel toma conhecimento e irá incitar automaticamente os alarmes referentes à ocorrência de hipoglicemia sem que o utilizador seja obrigado a inserir qualquer registo. Tal situação que não acontece atualmente caso o utilizador sofra uma hipoglicemia só irá efetuar o seu registo após o sucedido o que pode impossibilitar a ativação dos alarmes.





# Referências

- [1] Benefits of information technology-enabled diabetes management, author=Bu, Davis and Pan, Eric and Walker, Janice and Adler-Milstein, Julia and Kendrick, David and Hook, Julie M and Cusack, Caitlin M and Bates, David W and Middleton, Blackford. *Diabetes Care*, 30(5):1137–1142, 2007.
- [2] Translating the A1C assay into estimated average glucose values, author=Nathan, David M and Kuenen, Judith and Borg, Rikke and Zheng, Hui and Schoenfeld, David and Heine, Robert J. *Diabetes care*, 31(8):1473–1478, 2008.
- [3] Outpatient glycemic control with a bionic pancreas in type 1 diabetes, author=Russell, Steven J and El-Khatib, Firas H and Sinha, Manasi and Magyar, Kendra L and McKeon, Katherine and Goergen, Laura G and Balliro, Courtney and Hillard, Mallory A and Nathan, David M and Damiano, Edward R, journal=New England Journal of Medicine. 371(4): 313–325, 2014.
- [4] Diabetes Tools Sweden AB. [Triabetes: All-in one diabetes app service](#), 2014. [Online; acedido em 2014/04/16].
- [5] Association Diabetes American. [A1C and eAG](#), 2013. [Online; acedido em 2014/04/10].
- [6] Association Diabetes American. [Physical Activity is Important](#). ADA, 2013. [Online; acedido em 2014/01/23].
- [7] Association Diabetes American. [Hyperglycemia \(High blood glucose\)](#). ADA, 2014. [Online; acedido em 2014/03/18].
- [8] American Diabetes Association et al. Physical activity/exercise and diabetes. *Diabetes care*, 27:S58, 2004.
- [9] American Diabetes Association et al. Standards of medical care in diabetes—2014. *Diabetes Care*, 37(Supplement 1):S14–S80, 2014.
- [10] Julie Bird. [eHealth Initiative: mHealth tools help diabetics manage their disease](#), 2012. [Online; acedido em 2014/07/14].
- [11] Inc. Black Duck Software. [The Etalis Open Source](#), 2014. [Online; acedido em 2013/12/18].

- 
- [12] Ministry of Healthy Services British Columbia Medical Association. [Guidelines and Protocols](#), 2010. [Online; acedido em 2014/08/20].
- [13] Joslin Diabetes Center. [How To Treat A Low Blood Glucose](#), 2014. [Online; acedido em 2013/11/29].
- [14] Lei Chen, Dianna J Magliano, and Paul Z Zimmet. The worldwide epidemiology of type 2 diabetes mellitus—present and future perspectives. *Nature Reviews Endocrinology*, 8(4): 228–236, 2011.
- [15] Stephen Clement, Susan S Braithwaite, Michelle F Magee, Andrew Ahmann, Elizabeth P Smith, Rebecca G Schafer, and Irl B Hirsch. Management of diabetes and hyperglycemia in hospitals. *Diabetes care*, 27(2):553–591, 2004.
- [16] Jonah Comstock. [Prediction: 24 million will use diabetes apps by 2018](#), 2014. [Online; acedido em 2014/07/13].
- [17] Daniel J Cox, Linda Gonder-Frederick, Lee Ritterband, William Clarke, and Boris P Kovatchev. Prediction of severe hypoglycemia. *Diabetes Care*, 30(6):1370–1373, 2007.
- [18] Philip E Cryer, Stephen N Davis, and Harry Shamoon. Hypoglycemia in diabetes. *Diabetes care*, 26(6):1902–1912, 2003.
- [19] Observatório Nacional da Diabetes. [Factos e Números da Diabetes: Relatório Anual](#), 2011. [Online; acedido em 2014/01/26].
- [20] Ministério da Saúde. [Portuguese Diabetes Leadership Fórum](#), 2013. [Online; acedido em 2014/07/01].
- [21] Dbees. [dbees.com Diabetes Management](#), 2012. [Online; acedido em 2014/04/07].
- [22] A.D.A.M. Medical Encyclopedia. [Diabetes](#). PubMed Health, 2012. [Online; acedido em 2014/04/10].
- [23] International Diabetes Federation. [Health Eating and Diabetes](#), 2013. [Online; acedido em 2014/07/07].
- [24] International Diabetes Federation. [Complications of Diabetes](#), 2014. [Online; acedido em 2013/12/02].
- [25] International Diabetes Federation. [Signs and Symptoms of Diabetes](#), 2014. [Online; acedido em 2014/01/10].
- [26] Hugo M. Ferreira. [Aplicação portuguesa para diabéticos lidera tops no iPad](#), 2013. [Online; acedido em 2014/02/08].
- [27] National Collaborating Centre for Chronic Conditions (UK). Type 2 Diabetes: National Clinical Guideline for Management in Primary and Secondary Care. 66, 2008.

- 
- [28] Gary Gilles. [Ketoacidosis - Treatment and Prevention](#), 2012. [Online; acedido em 2014/06/10].
- [29] Eduardo H. Gomes. [Sistema de Gestão de Base de Dados](#). 2007. [Online; acedido em 2014/07/09].
- [30] Aidar R Gosmanov, Elvira O Gosmanova, and Erika Dillard-Cannon. Management of adult diabetic ketoacidosis. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 7:255, 2014.
- [31] João Graça. *My Diabetes*. Departamento Ciência de Computadores, 2013. [Online; acedido em 2014/04/10].
- [32] Diabetes Prevention Program DPP Research Group et al. The Diabetes Prevention Program (DPP) description of lifestyle intervention. *Diabetes care*, 25(12):2165–2171, 2002.
- [33] Troels Krarup Hansen and Niels Møller. Acute Metabolic Complications of Diabetes: Diabetic Ketoacidosis and Hyperosmolar Hyperglycemia. *Textbook of Diabetes, Fourth Edition*, pages 546–552, 2010.
- [34] Healthwise. [Diabetes Health Center: Ketones](#), 2011. [Online; acedido em 2014/06/10].
- [35] Kenneth R. Hirsch. [The Best Diabetes iPhone and Android Apps of the Year](#), 2014. [Online; acedido em 2014/02/03].
- [36] M Hummel and M Fuchtenbusch. Diabetes mellitus–differential diagnosis. *MMW Fortschritte der Medizin*, 148(20):47–50, 2006.
- [37] Chris Iliades. [Treating Type 2 Diabetes Without Insulin](#), 2013. [Online; acedido em 2014/02/10].
- [38] Glooko Inc. [Improving Diabetes Outcomes at Lowered Costs](#), 2014. [Online; acedido em 2014/02/03].
- [39] Medivo Inc. [OnTrack Diabetes Better Track and Manage Your Health](#), 2013. [Online; acedido em 2014/02/05].
- [40] Paul S Jellinger. Metabolic consequences of hyperglycemia and insulin resistance. *Insulin*, 4(1):2–14, 2009.
- [41] Bryan July. [The Importance of In-Person Feedback](#), 2010. [Online; acedido em 2014/04/07].
- [42] Santosh Krishna, Suzanne Austin Boren, and E Andrew Balas. Healthcare via cell phones: a systematic review. *Telemedicine and e-Health*, 15(3):231–240, 2009.
- [43] Rogério Reis L. Damas, V. Santos Costa and Rúben Azevedo. [YAProlog: Yet Another Prolog](#). Universidade do Porto, 2010.

- [44] Xiaohua Liang, Qianqian Wang, Xueli Yang, Jie Cao, Jichun Chen, Xingbo Mo, Jianfeng Huang, Lu Wang, and Dongfeng Gu. Effect of mobile phone intervention for diabetes on glycaemic control: a meta-analysis. *Diabetic medicine*, 28(4):455–463, 2011.
- [45] Amy Hess-Fischl MS. [Hyperglycemia: When Your Blood Glucose Level Goes Too High](#), 2014. [Online; acedido em 2014/03/10].
- [46] myDario Master. [Monitor Your Glucose Levels With Dario](#), 2014. [Online; acedido em 2014/04/22].
- [47] National Diabetes Education Program (NDEP) and Association Diabetes American (ADA). [Guiding Principles National for Diabetes Care](#), 2009. [Online; acedido em 2014/01/12].
- [48] World Health Organization. *Global Health Observatory: (GHO)*. World Health Organization, 2012.
- [49] Gary Riley. [CLIPS: A Tool for building Expert Systems](#), 2008. [Online; acedido em 2013/12/12].
- [50] MD Robert Ferry Jr. [Low Blood Sugar \(Hypoglycemia\)](#), 2014. [Online; acedido em 2013/11/29].
- [51] Endocrine Today. [Mobile technologies changing models for diabetes management](#), 2011. [Online; acedido em 2014/07/13].
- [52] Rick Davies Chris Davies Tom Xu, Doug Brownstone. [Glucose Buddy App](#), 2011. [Online; acedido em 2014/04/05].
- [53] Rossen Varbanov. [My Diabetes](#), 2014. [Online; acedido em 2014/02/07].

# Apêndice A

## Regras

### A.1 Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia

```
(1)hipoglicemia(ValorBGRecente,HorasDepoisHipo):-  
    valorBGRecente(ValorBGRecente),  
    valorMinBG(MinBG),  
    tempoValidoHipo(HorasDepoisHipo),  
    ValorBGRecente <= MinBG.  
  
(2)valoresBaixosporExercicio(ValorBGRecente, HorasDepoisHipo):-  
    exercicioRecente(HorasDepoisEx),  
    hipoglicemia(ValorBGRecente, HorasDepoisHipo).  
  
(3)valoresBaixosListaHC(ValorBGRecente,Min):-  
    valorBGRecente(ValorBGRecente),  
    valorMinBG(MinBG),  
    ValorBGRecente <= MinBG,  
    minpassados(Min).  
  
(4)valoresBaixosPosMin(ValorBGRecente, Max):-  
    valorBGRecente(ValorBGRecente),  
    valorMaxBG(MaxBG),  
    ValorBGRecente >= MinBG,  
    maxpassados(Max).
```

Bloco de Código A.1: Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia

O utilizador sofre uma hipoglicemia quando o seu valor glicémico (*ValorBGRecente*) é inferior ou igual ao valor mínimo (*MinBG*). Para além dessa condição, na regra *valoresBaixosporExercicio* é verificado se a hipoglicemia é consequência da prática de exercício físico. O (*exercicioRecente(HorasDepoisEx)* indica a diferença temporal entre a hora do exercício físico e a hora atual, de forma a não ativar alarmes desnecessários. Ainda na ocorrência de hipoglicemia é fetuada outra separação: uma diferença temporal entre o registo e a hora atual inferior ou igual a 10

minutos (*valoresBaixosListaHC(ValorBGRecente, Min)*) e quando a diferença ultrapassa os 15 m (*valoresBaixosPosMin(ValorBGRecente, Max)*). No primeiro caso, o alarme baseia-se numa lista com sugestões de **HC** que o utilizador deve ingerir, enquanto no segundo caso é ativado o alarme para lembrar o utilizador de refazer o teste BG.

## A.2 Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia

```
(1)hiperglicemia(MaxBG, HoraUltimaRefeicao, HoraUltimaInsulina):-
    hiperglicemia(ValorBGRecente, HoraDepoisHiper),
    refeicao(HoraUltimaRefeicao),
    naoInsulina(HoraUltimaInsulina).

(2)hiperglicemia(ValorBGRecente, HorasDepoisHiper):-
    valorBGRecente(ValorBGRecente),
    valorMaxBG(MaxBG),
    tempoValidoHiper(HorasDepoisHiper),
    ValorBGRecente >= MaxBG.

(3)hiperglicemiacomCetoacidoseModerada(ValorBGRecente, ValorCetose):-
    hiperglicemia(ValorBGRecente, HoraDepoisHiper),
    cetoacidoseModerada(ValorCetose).

(4)hiperglicemiacomCetoasidadeGrave(ValorBGRecente, ValorCetose):-
    hiperglicemia(ValorBGRecente, HoraDepoisHiper),
    cetoacidoseGrave(ValorCetose).
```

Bloco de Código A.2: Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia

A hiperglicemia ocorre quando o valor de glicemia (*valorBGRecente(ValorBGRecente)*) ultrapassa o valor máximo recomendado (*MaxBG*). Um dos fatores que pode resultar numa hiperglicemia é a situação em que o utilizador efetua a refeição mas não insere insulina. Essa condição é verificada na regra *hiperglicemia(MaxBG, HoraUltimaRefeicao, HoraUltimaInsulina)*. Através da *HoraUltimaRefeicao* e *HoraUltimaInsulina* conseguimos obter a hora da última refeição e da última inserção de glicemia, respetivamente. No *tempoValidoHiper(HoraDepoisHiper)* é verificada a diferença temporal entre a hora a que o utilizador efetua o registo e a hora atual para evitar que sejam ativados alarmes desnecessários caso o tempo limite definido seja ultrapassado. Quando ocorre uma hiperglicemia pode surgir o aumento de corpos cetónicos e originar a cetoacidose diabética. Dividimos a cetoacidose diabética em moderada e grave.

## A.3 Regra relacionada com a cetoacidose diabética

Na **BD** encontramos o valor mínimo (*MinCetose*) e máximo (*MaxCetose*) referentes á cetoacidose diabética. Assim, é considerada cetoacidose moderada se o valor atual dos corpos cetónicos

```
(1) cetoacidoseModerada(ValorCetose):-  
    valorCetoseRecente(ValorCetose),  
    valorCetoseMin(MinCetose),  
    ValorCetose >= 0.3,  
    ValorCetose < 3.0.  
  
(2) cetoacidoseGrave(ValorCetose):-  
    valorCetoseRecente(ValorCetose),  
    valorCetoseMan(MaxCetose),  
    ValorCetose >= 3.0.
```

Bloco de Código A.3: Regra relacionada com a ocorrência de cetoacidose diabética

(*ValorCetose*) for maior ou igual ao *MinCetose* mas inferior ao *MaxCetose*. Por sua vez, considera-se cetoacidose grave quando o *ValorCetose* é igual ou superior ao *MaxCetose*.

## A.4 Regra relacionada com o ajuste de insulina

```
(1) ajustarInsulinaPorqueHipo(HorasDepoisHipo):-  
    hipoglicemia(ValorRecente, HorasDepoisHipo).  
  
(2) ajustarInsulinaPorqueExercicioRecente(HorasDepoisEx):-  
    exercicioRecente(HorasDepoisEx).  
  
(3) ajustarInsulinaPorqueNaoRefeicao(HoraUltimaRefeicao):-  
    naoRefeicao(HoraUltimaRefeicao).
```

Bloco de Código A.4: Regra relacionada com o ajuste de insulina

Situações como a ocorrência de hipoglicemia recentemente, a prática de exercício físico ou a ausência de uma refeição são situações que o utilizador deve ter em consideração no momento de inserir insulina. Por essa razão, no momento da inserção de insulina estas situações são verificadas de forma a alertar o utilizador para um possível ajuste nas doses de insulina.

## A.5 Regra relacionada com a idade do utilizador

```
utilizadorAdolescente():-  
    idadeUtilizador(Idade).  
    Idade <= 18.
```

Bloco de Código A.5: Regra relacionada com a idade do utilizador

Verificação da idade do utilizador para, caso necessário, ajustar valores dependentes como por exemplo o valor mínimo de glicemia.

## A.6 Regra relacionada com a prática de exercício físico

```
exercicioRecente(HorasDepoisEx):-  
    tempoValidoExercicio(HorasDepoisEx).
```

Bloco de Código A.6: Regra relacionada com a prática de exercício físico

Nesta regra é verificado se o utilizador praticou exercício físico recentemente.

## A.7 Pesquisa à Base de Dados

### A.7.1 Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia

```
valorMinBG(MinBG):-  
    MinBG = odbc_query(diabetes, 'select minBG from utilizador').  
  
valorBGRecente(ValorBGRecente):-  
    ValorBGRecente = odbc_query(diabetes, 'select valorBG from glicemia order by  
        time desc limit 1').  
  
tempoValidoHipo(HorasDepoisHipo):-  
    HorasDepoisHipo = odbc_query(diabetes, 'select timestampdiff(hour, time, now())  
        from glicemia where valorBG <= (select minBG from utilizador) order by time  
        desc limit 1'),  
    HorasDepoisHipo <= 2.  
  
minpassados(Min):-  
    Min = odbc_query(diabetes, 'select timestampdiff(minutes, time, now()) from  
        glicemia where valorBG <= (select minBG from utilizador) order by time desc  
        limit 1'\)),  
    Min <= 10.  
  
maxpassados(Max):-  
    Min = odbc_query(diabetes, 'select timestampdiff(minutes, time, now()) from  
        glicemia where valorBG <= (select minBG from utilizador) order by time desc  
        limit 1'\  
    ),  
    Min >= 15.
```

Bloco de Código A.7: Regra relacionada com a ocorrência de hipoglicemia - valores na **BD**



O *valorMinBG*(*MinBG*) recolhe da **BD** o valor mínimo recomendado para a deteção de hipoglicemia. Por sua vez, o *valorBGRecente*(*ValorBGRecente*) pesquisa o último valor de glicemia, que corresponde ao valor mais recente. A regra *tempoValidoHipo*(*HorasDepoisHipo*) pesquisa o último registo da prática de exercício físico que corresponde ao mais recente e posteriormente é efetuada a diferença temporal entre a hora do exercício e a hora atual de forma a verificar se essa diferença não ultrapassa o limite exigido (2h). Esta regra serve para evitar a ativação de alarmes desnecessários. Nas regras *minpassados*(*Min*) e *maxpassados*(*Max*) também são verificadas as diferenças temporais, mas em minutos, para ativar avisos diferentes caso as condições se verifiquem.

### A.7.2 Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia

```
tempoValidoHiper(HorasDepoisHiper):-  
(13)HorasDepoisHiper = odbc_query(diabetes, 'select timestampdiff(Hour, time,  
    now()) from glicemia where valorBG >= (select maxBG from utilizador) order  
    by time desc limit 1'),  
    HorasDepoisHiper =< 2.  
  
valorMaxBG(MaxBG):-  
    MaxBG = odbc_query(diabetes, 'select maxBG from utilizador').
```

Bloco de Código A.8: Regra relacionada com a ocorrência de hiperglicemia - valores na **BD**

A regra *tempoValidoHiper*(*HorasDepoisHiper*) é semelhante à regra anterior *tempoValidoHipo*(*HorasDepoisHipo*). O *valorMaxBG*(*MaxBG*) corresponde ao valor máximo de glicemia recomendado que está guardado na **BD**.

### A.7.3 Regra relacionada com a cetoacidose diabética

```
valorCetoseRecente(ValorRecente):-  
    ValorRecente = odbc_query(diabetes, 'select valor from cetoacidose order by  
    time desc limit 1').
```

Bloco de Código A.9: Regra relacionada com a ocorrência de cetoacidose diabética - valores **BD**

É efetuada uma pesquisa à **BD** para determinar o valor mais recente dos corpos cetónicos.

### A.7.4 Regra relaciona com o ajuste de insulina

Considera-se que um utilizador avançou uma refeição se não efetuar o seu registo durante um período superior a 3h<sup>1</sup>. De forma semelhante ocorre o processo de tratamento da informação

```
(13) naoRefeicao(HoraUltimaRefeicao):-
    HoraUltimaRefeicao = odbc_query(diabetes, 'select timestampdiff(hour, time,
        now()) from refeicao where time <= (select time from refeicao order by
        time desc limit 1)'),
    HoraUltimaRefeicao > 3.

(13) insulinaRecente(HoraUltimaInsulina):-
    HoraUltimaInsulina = odbc_query(diabetes, 'select timestampdiff(hour, time,
        now()) from insulina where time <= (select time from insulina order by
        time desc limit 1)'),
    HoraUltimaInsulina =< 3.
```

Bloco de Código A.10: Regra relacionada com o ajuste de insulina - valor na **BD**

referente à insulina. Considera-se que o utilizador injetou insulina caso o último registo tenha sido efetuado há menos de 3h<sup>2</sup>.

#### A.7.5 Regra relacionada com a idade do utilizador

```
idadeUtilizador(Idade):-
    Idade= odbc_query(diabetes, 'select idade from utilizador').
```

Bloco de Código A.11: Regra relacionada com a idade do utilizador - valor na **BD**

Com esta condição é obtida a idade do utilizador. Este valor pode influenciar na determinação do valor mínimo de glicemia.

#### A.7.6 Regra relacionada com a prática de exercício físico

```
exercicioRecente(HorasDepoisEx):-
    tempoValidoExercicio(HorasDepoisEx).

tempoValidoExercicio(HoraDepoisEx):-
    HoraDepoisEx = odbc_query(diabetes, 'select timestampdiff(hour, time, now())
        from exercicio where time <= (select time from exercicio order by time
        desc limit 1)'),
    HoraDepoisEx =< 3.
```

Bloco de Código A.12: Regra relacionada com a prática de exercício físico

<sup>1</sup>Dado que o paciente deve realizar refeições de 3 em 3 horas, como discutido com o serviço de endocrinologia do Hospital de S.João.

<sup>2</sup>As diferentes insulinas têm diferentes perfis e consequentemente diferentes tempo de permanência. Por essa razão, este valor pode ser adaptado.

Nesta regra é verificado se o utilizador praticou exercício físico recentemente. Através da condição *tempoValidoExercicio(HorasDepoisEx)* é verificada a diferença temporal entre a hora a que o registo é efetuado e a hora atual para evitar alertas desnecessários.

## A.8 Regra relacionada com as doenças preocupantes

```
informacaoDoencas(NomeDoenca):-  
  NomeDoenca = odbc_query(diabetes, 'select nomedoenca from utilizador where  
    nomedoenca in (select nome from doencasPreocupantes)').
```

Bloco de Código A.13: Regra relacionada com a existência de doença(s) preocupante(s) - valores na **BD**

Caso o utilizador sofra de outra(s) doença(s) para além da diabetes são indicadas através desta pesquisa à **BD**. No caso de o utilizador inserir mais do que uma doença, *NomeDoença* assume vários valores.



## Apêndice B

### Acrónimos

<b>A1C</b>	Hemoglobina Glicosilada	<b>LADA</b>	Diabetes auto-imune latente do adulto
<b>ADA</b>	Associação Norte-Americana de Diabetes	<b>mg/dL</b>	Miligramas por decilitro
<b>AI</b>	Inteligência Artificial	<b>mHealth</b>	Saúde Móvel
<b>BD</b>	Base de Dados	<b>mL</b>	Mililitros
<b>CAD</b>	Cetoacidose Diabética	<b>mmol/L</b>	milimole por litro
<b>DM1</b>	Diabetes Mellitus tipo 1	<b>OMS</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>DM2</b>	Diabetes Mellitus tipo 2	<b>PROLOG</b>	PROgramming in LOGic
<b>DPP</b>	Diabetes Prevention Program	<b>RBS</b>	Rule Based System
<b>eAG</b>	Glicose Média Esperada	<b>SGBD</b>	Sistema de Gestão de Base de Dados
<b>ETALIS</b>	Event Transaction Logic Inference System	<b>YAP</b>	Yet Another Prolog
<b>HbA1C</b>	Hemoglobina Glicosilada	<b>WEB</b>	World Wide Web
<b>HC</b>	Hidratos de Carbono	<b>WAM</b>	Warren Abstract Machine